tijdschrift van het

nederlands elektronica- en radiogenootschap

deel 46 - nr. 5/6 - 1981

nederlands elektronica- en radiogenootschap

Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap
Postbus 39, 2260AA Leidschendam. Gironummer 94746
t.n.v. Penningmeester NERG, Leidschendam.

HET GENOOTSCHAP

De vereniging stelt zich ten doel het wetenschappelijk onderzoek op het gebied van de elektronica en de informatietransmissie en - verwerking te bevorderen en de verbreiding en toepassing van dė verworven kennis te stimuleren.

Lidmaatschap

Voor lidmaatschap wende men zich tot de secretaris. Het lidmaatschap staat -behoudens ballotage- open voor academisch gegradueerden en hen, wier kennis of ervaring naar het oordeel van het bestuur een vruchtbaar lidmaatschap mogelijk maakt. De contributie bedraagt fl. 60,--.

Studenten aan universiteiten en hogescholen komen bij gevorderde studie in aanmerking voor een junior-lidmaatschap, waarbij 50% reductie wordt verleend op de contributie. Op aanvraag kan deze reductie ook aan anderen worden verleend.

HET TIJDSCHRIFT

Het tijdschrift verschijnt zesmaal per jaar. Opgenomen worden artikelen op het gebied van de elektronica en van de telecommunicatie.

Auteurs die publicatie van hun wetenschappelijk werk in het tijdschrift wensen, wordt verzocht in een vroeg stadium kontakt op te nemen met de voorzitter van de redactie commissie.

De teksten moeten, getypt op door de redactie verstrekte tekstbladen, geheel persklaar voor de offsetdruk worden ingezonden.

De abonnementsprijs van het tijdschrift bedraagt f 60,--. Aan leden wordt het tijdschrift kosteloos toegestuurd.

Tarieven en verdere inlichtingen over advertenties worden op aanvrage verstrekt door de voorzitter van de redactiecommissie.

DE EXAMENS

De door het Genootschap ingestelde examens worden afgenomen in samenwerking met de "Vereniging tot bevordering van Elektrotechnisch Vakonderwijs in Nederland (V.E.V.)". Het betreft de examens:

a. op lager technisch niveau: "Elektronica monteur N.E.R.G.";
b. op middelbaar technisch niveau: "Middelbaar Elektronica technicus N.E.R.G.".

Voor deelname, inlichtingen omtrent exameneisen, reglement, en uitgewerkte opgaven wende men zich tot het Centraal Bureau van de V.E.V., Barneveldseweg 39, 3862 PB Nijkerk; tel. 03494 - 4844.

Kan Nederland in de toekomst van de wind leven?

Ir. G.G. Piepers
ECN

Can the Netherlands live on air?.
The wind, blowing constantly in swift currents around the world, offers an enormous energy potential. However, due to technical, economical and geographical restrictions, windenergy can contribute only part of the total amount needed in present day society.
Since periods of low winds have to be taken up by the conventional power sources, windpower is mainly a saver of fossil fuel and hardly a capacity saver.
This article gives an overview of the problems to be solved before introduction of windpower on a larger scale can be realised and the way the problems are tackled in national research and development programs.

VOOR- EN NADELEN VAN WINDENERGIE

Het ligt voor de hand om in Nederland met zijn winderig klimaat en zijn molentraditie de vraag te stellen of de in de wind aanwezige energie een zinvolle bijdrage zou kunnen leveren tot de oplossing van het energievraagstuk. Tot aan de tweede helft van de vorige eeuw was in Nederland de wind - naast hout, turf en de spierkracht van mens en dier - de belangrijkste energiebron. Omstreeks 1850 stonden ongeveer 9000 windmolens opgesteld voor het bemalen van polders, het malen van koren, het zagen van hout, het persen van olie, enz. Ook het transport gebeurde in belangrijke mate met behulp van wind (zeilschepen).

De wind als energiebron heeft een aantal belangrijke voordelen:

- onuitputtelijke voorraad;
- de toevoer is onafhankelijk van de politieke situatie in de wereld;
- er worden geen schadelijke afvalstoffen gevormd;
- gemakkelijk winbaar (geen mijngangen of boortorens);
- direct bruikbaar (geen raffinaderijen of vergassingsinstallaties).

Er zijn echter ook nadelen:

- De energiedichtheid van de lucht is zeer gering. De in de wind aanwezige energie wordt aangeboden in de vorm van kinetische energie van de bewegende lucht. Deze is evenredig met de massa. De soortelijke massa van de lucht is erg klein. Er zijn daarom grote installaties nodig om voldoende wind te vangen. Een ouderwetse windmolen (diameter van het wiekenstelsel ongeveer 25 m) levert bij gunstige wind slechts 50 pk, hetzelfde als een automotor uit de middenklasse.
- Zelfs de meest moderne en efficiënte windmolen kan maar de helft van de aanwezige energie uit de aanstromende lucht halen. Indien de energie volledig zou worden benut, zou de windsnelheid achter de rotor nul zijn. Dit is fysisch onmogelijk, omdat steeds nieuwe lucht aanstroomt, die weer moet worden afgevoerd.
- Het aanbod is, zeker in ons land, zeer wisselvallig. In het algemeen is er daarom een slechte aanpassing tussen de vraag naar energie en het energieaanbod. Onze huidige maatschappij en economie is hierop niet ingesteld. Men is gewend dat de lamp brandt als thuis de lichtknop wordt omgedraaid (mits technisch alles in orde is). Gebruik van wind is onder dergelijke condities eigenlijk alleen goed mogelijk met behulp van een opslagsysteem of in combinatie met een andere energieleverancier (openbare net, dieselmotor).
- De energieproduktie van een windmolen is evenredig met de derde macht van de windsnelheid. Als het twee keer zo hard waait is de opbrengst acht keer zo groot. Daardoor ontstaan zeer sterke fluctuaties in het vermogen en in de energieproduktie. Dit geeft o.a. problemen bij de vaststelling van het generatorvermogen als de windenergie wordt gebruikt om electriciteit op te wekken. Voor de enkele keren per jaar dat het echt hard waait, loont het niet de moeite om een grote dure generator te installeren. Er wordt daarom een bovengrens gesteld aan de windsnelheid welke nog ten volle wordt benut. Desondanks draait de generator een groot gedeelte van het jaar bij een laag vermogen en wordt dan inefficiënt belast.
- De windmolens moeten vrij in de ruimte worden opgesteld, zodat ze van alle kanten zo ongestoord mogelijk worden aangestroomd. Indien meerdere molens wor-

den gebruikt, mogen ze niet te dicht bij elkaar worden geplaatst. Ze vangen anders elkaars wind weg. Na ongeveer 20 rotordiameters is de onderlinge beïnvloeding vrijwel verdwenen. Bij een rotordiameter van 50 m zouden ze dus een kilometer uit elkaar moeten staan. Dit is wel erg veel. Uit windtunnelproeven is gebleken dat een onderlinge afstand van 5 à 6 maal de rotordiameter nog acceptabel is wat het verlies aan opbrengst betreft. Dan nog is veel grondoppervlak nodig om een beetje redelijk vermogen onder te brengen.

POTENTIËLE TOEPASSINGSMOGELIJKHEDEN

Men kan zich afvragen hoeveel in ons land kan worden geoogst aan windenergie. De hoeveelheid lucht die jaarlijks over ons land stroomt bevat aanzienlijk meer kinetische energie dan nodig is om het huidige energieverbruik te dekken. Wat dat betreft zou iedereen in Nederland zeer comfortabel van de wind kunnen leven. De winning van deze energie is in de praktijk echter slechts mogelijk in de onderste laag van de atmosfeer. Uitgaande van een luchtlaag van 50 m hoogte blijft er slechts 1% van de totale hoeveelheid windenergie over. Bovendien moet worden bedacht dat in ons dichtbevolkte land lang niet overal windmolens kunnen worden geplaatst. Indien rekening wordt gehouden met de beschikbare plaatsruimte kan volgens een zeer globale raming met behulp van windmolens een hoeveelheid energie aan de lucht worden onttrokken die overeenkomt met minstens 20% van onze huidige electriciteitsproduktie. Dit is absoluut gezien een interessante hoeveelheid, zodat flink kan worden bespaard op het gebruik van fossiele brandstoffen. Het zijn echter toch maar enkele procenten van het totale energieverbruik in ons land.

Windenergie kan op de volgende twee principieel verschillende wijzen worden toegepast:

- Gecentraliseerde opwekking van electriciteit door grote aantallen grote windturbines die in groepen (50 of meer) staan opgesteld in windturbineparken. Deze "windcentrales" voeden de electriciteit in het bestaande distributienet. Het voordeel hiervan is dat het gekoppelde systeem van conventionele centrales en windcentrales voldoende capaciteit en flexibiliteit heeft om windarme periodes op te vangen, zodat geen speciale opslagvoorzieningen nodig zijn. In dit geval wordt wel gesproken over grootschalige toepassing. Om op deze wijze 20% van de electriciteitsproduktie te dekken zijn ter gedachtebepaling ongeveer 5000 grote windmolens nodig met een rotordiameter van 50 m. Zo'n windmolen levert een vermogen van 1 MW bij een windsnelheid van 12,5 m/sec.
- Gedecentraliseerde opwekking van mechanische energie (bijv. voor het aandrijven van waterpompen), warmte of electriciteit.

De gebruiker beschikt hierbij over zijn eigen windenergie conversiesysteem, waarvan de capaciteit zo goed mogelijk wordt afgestemd op zijn energiebehoefte. Deze wijze van toepassing heeft in het algemeen een kleinschalig karakter. De gebruiker moet echter in de meeste gevallen ook een beroep kunnen doen op een traditioneel systeem van energieopwekking (verbrandingsmotor, aansluiting met het electriciteits- of aardgasnet) voor het opvangen van periodes met weinig of geen wind. In feite betekent de windmolen dan een extra investering, die moet worden terugverdiend door besparing op het electriciteits- en/of brandstofverbruik. Bij parallelbedrijf met het openbare net kan de door de windmolen geproduceerde electriciteit welke de verbruiker zelf niet direkt nodig heeft aan het betreffende electriciteitsbedrijf worden geleverd tegen een bepaalde vergoeding. Voor de volgende energiegebruikerscategorieën biedt het gedecentraliseerde gebruik van windenergie in principe goede perspectieven:

- agrarische bedrijven
- glastuinbouwbedrijven
- koel- en vrieshuizen
- industrieën en bedrijfsruimtes met een redelijk continu energieverbruik
- woongemeenschappen aan de rand van verstedelijkte gebieden.

HET NATIONAAL ONDERZOEKPROGRAMMA WINDENERGIE

De Minister van Economische Zaken heeft in de prognose, zoals hierboven omschreven, voldoende aanleiding gevonden om een Nationaal Onderzoekprogramma Windenergie te laten uitvoeren en te financieren.

De doelstelling van het programma is om te onderzoeken of de geschetste potentiële mogelijkheden tot het gebruik van windenergie gerealiseerd kunnen worden.

In maart 1976 zijn een twaalftal in tabel 1 genoemde bedrijven en instituten gestart met de uitvoering. Het is een vijf-jaren-programma en is formeel op 1 maart 1981 geëindigd. Het is afgesloten met een evaluatierapport, dat de resultaten van het onderzoek en een aantal conclusies en aanbevelingen bevat. De samenstellers zijn van mening dat op grond van het verrichte onderzoek kan worden geconcludeerd, dat toepassing van windenergie zowel in Nederland als in vele andere landen uitstekende perspectieven biedt. Zij adviseren dan ook om een vervolgprogramma te laten uitvoeren, dat erop gericht moet zijn om een verantwoorde introduktie van het gebruik van de wind als energiebron te bevorderen.

PROBLEMATIEK

Bij het onderzoek naar de toepassingsmogelijkheden van

windenergie kunnen drie probleemgebieden worden onderscheiden:

- technisch: hoe construeert men betrouwbare en veilige windturbines;
- economisch: wat gaat het kosten;
- planologisch: waar kunnen grote aantallen windturbines worden neergezet, zonder in conflict te geraken met andere belanghebbenden.

Technische aspecten

Er zijn verschillende soorten windmolens bekend. Voor een in economisch opzicht aantrekkelijke toepassing komen vanwege hun hoge rendement maar twee typen in aanmerking, n.l.:

- windturbine met horizontale as:
  Hierbij draait de rotor (wiekenstelsel) om een as die ongeveer horizontaal staat. Dit type lijkt het meest op de bekende Hollandse windmolen. Het heeft echter maar twee of drie i.p.v. vier wieken. De belangrijkste reden is dat moderne aerodynamisch gunstig gevormde rotorbladen duur zijn. Nu kan in de praktijk worden volstaan met een twee- of driebladige rotor, mits deze voldoende snel ronddraait, anders waait de meeste wind ongebruikt door het vlak van de rotor. De windturbine met horizontale as heeft als nadeel, dat de rotor steeds op de wind gezet moet worden, zodat een dure kruiïnrichting nodig is. Bovendien moet de zware generator boven in de toren worden ondergebracht omdat deze mee moet draaien tijdens het kruien.
- windturbine met verticale as:
  Dit type is gebaseerd op een octrooi uit 1929 van de Fransman Darrieus. Men spreekt dan ook wel van Darrieus rotor. Het is in principe een rechtopstaande hoepel, welke om een verticale as draait.
  Een dwarsdoorsnede van de hoepel heeft een symmetrisch vleugelprofiel. De Darrieus rotor heeft als belangrijk voordeel, dat de werking onafhankelijk is van de windrichting.
  Bovendien kan de generator vast worden gesteld onder aan de voet. Een nadeel is dat de rotor niet uit zichzelf op gang komt, al waait het nog zo hard. Er is dus een speciale start-voorziening nodig. Ook is een nadeel dat het rendement sterk afhankelijk is van de juiste verhouding van omtreksnelheid en windsnelheid. Aangezien de windsnelheid nogal fluctueert moet de omtreksnelheid voortdurend worden aangepast.
  Omdat van dit type windmolen nog weinig bekend was in vergelijking tot de windmolen met horizontale as heeft Fokker in het kader van het Nationaal Onderzoekprogramma een proefexemplaar met een rotordiameter van ruim 5 m gebouwd (zie figuur 1).
  Deze windmolen is op Schiphol uitvoerig getest met gunstig resultaat. Fokker heeft op basis van de verkregen resultaten ontwerpen gemaakt van hetzelfde type met een rotordiameter van resp. 15 en 25 m.
  Ook in Canada en in de Verenigde Staten wordt veel aandacht besteed aan de ontwikkeling van de windmolen met verticale as.

Men kan zich afvragen wat er technisch nog valt te ontwikkelen aan windturbines. Revolutionaire uitvindingen zijn in ieder geval niet meer te verwachten. Het hoofdprobleem bij grote molens is hun dynamisch gedrag. De gehele installatie wordt n.l. sterk wisselend belast omdat de wind voortdurend in grootte en richting varieert. De windsnelheid neemt bijvoorbeeld toe met de hoogte boven het aardoppervlak. Dit betekent dat een rotorblad van grote afmetingen tijdens een omwenteling in zijn bovenste stand veel zwaarder belast wordt dan in zijn onderste stand. Deze wisselende belastingen kunnen allerlei ongewenste trillingsverschijnselen veroorzaken met een kans op vermoeiingsbreuk van vitale onderdelen. De problemen worden groter naarmate de afmetingen van de molen groter worden. De responsie van een gecompliceerde installatie als een windmolen op de fluctuerende windbelasting kan met behulp van de eindige elementen methode uit de sterkte leer en door gebruik te maken van een computer in principe vrij nauwkeurig worden berekend.
Het Nationale Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium (NLR) heeft voor dit doel speciale computerprogramma's ontwikkeld. Het is echter noodzakelijk om de door het NLR opgestelde berekeningsmethoden op hun juistheid te verifiëren door metingen aan windmolens van niet al te kleine afmetingen. Voor dit doel is in het kader van het nationale programma een vrij grote windturbine met horizontale as, rotordiameter 25 m ontworpen en gebouwd. De turbine staat opgesteld op het ECN-terrein te Petten en is uitvoerig van instrumentatie voorzien (zie figuur 2).

Deze simultane theoretische en experimentele aanpak van de stabiliteitsproblemen zal uiteindelijk leiden tot een standaardberekeningsmethode met behulp waarvan betrouwbare molens van grotere afmetingen kunnen worden ontworpen.

Bij de kleinere windmolens liggen de technische problemen in het algemeen wat eenvoudiger. Nederlandse bedrijven die windmolens tot een rotordiameter van maximaal 20 m op de markt willen brengen kunnen deze laten beproeven op het "testveld voor kleine windmolens" op het ECN-terrein te Petten. Hierbij wordt vooral gelet op de veiligheid en de betrouwbaarheid van de constructie. Er worden echter ook adviezen gegeven op het gebied van de aerodynamica van rotorsystemen, het trillingsgedrag van de rotor-torencombinatie. de regeling en de omzetting van mechanische in electrische energie.

De opbrengst van een windmolen uit een rotor van bepaalde afmetingen kan worden vergroot, indien een

grotere luchtkolom door het door de rotor beschreven vlak wordt geleid. Dit kan met behulp van een "trechter" (diffusor) die voor de rotor wordt geplaatst. Een goede diffusor strekt zich niet alleen vóór de rotor uit, maar ook nog een flink eind achter het rotorvlak. Dit leidt tot grote en daardoor dure constructies. Een diffusor moet bovendien nauwkeurig op de wind worden gericht omdat anders door scheef aanblazen het rendement zeer sterk achteruit loopt.

Bij de afdeling luchtvaart- en ruimtevaarttechniek van de Technische Hogeschool te Delft heeft Van Holten ontdekt dat de opbrengst van een rotor ook kan worden vergoort door betrekkelijk kleine dwarsvleugeltjes (tipvanes) aan de rotoreinden te bevestigen. Deze vleugeltjes zorgen ervoor dat evenals bij een diffusor een grotere luchtstroom door het rotorvlak wordt geleid. In de windtunnel is aangetoond dat de volgens de theorie voorspelde vergroting van de energie-opbrengst met een factor 2 à 3 inderdaad wordt bereikt.
Op het terrein van de Stichting Energie Anders te Hoek van Holland staat een experimentele windmolen met tipvanes. De rotordiameter bedraagt ongeveer 8 m. Met behulp van deze testfaciliteit wordt nagegaan of in de buitenlucht, waar de windsnelheid en de windrichting sterk fluctueren, hetzelfde gunstige resultaat wordt bereikt als in de ongestoorde stationnaire luchtstroom in een windtunnel (zie fuguur 3).

Een additioneel technisch probleem is de omzetting van de door de rotoras geleverde mechanische energie in electriciteit, welke geschikt is voor voeding van het openbare net. De electrische netten werken met een drie-fase-waiiselspanning van constante amplitude en frequentie. Aan de kwaliteit van de door de windturbine aangeboden electriciteit worden hoge eisen gesteld.
Er bestaan verschillende mogelijkheden om met behulp van tandwielkasten, geberatoren en electronische componenten een stroom op te wekken van constante spanning en frequentie. De keuze van een bepaalde methode hanhgt af van de wijze waarop het toerental van windturbines wordt geregeld. Een windturbine kan draaien met een constant of een variable toerental. Beide mogelijkheden hebben hun voor- en nadelen. Het eenvoudigst is een constant toerental want dan ontstaat vanzelf een constante spanning en frequentie. Er kan dan een gewone huis- en tuingenerator worden gebruikt. Een nadeel is echter dat het rendement van de turbine sterk varieert. Een turbine heeft zijn hoogste rendement (energie-opbrengst) bij een bepaalde verhouding tussen toerental en de windsnelheid.Voor een optimale energie-opbrengst moet het toerental mee variëren met de windsnelheid. Nu kan bij een windturbine met horizontale as dit probleem grotendeels worden ondervangen door tijdens bedrijf de rotorbladhoek te verstellen. Hierdoor kan bij constant toerental toch bij iedere windsnelheid een hoog rendement worden verkregen. Bij een windturbine met verticale as is een dergelijke methode niet mogelijk. Hier is men dus gedwongen om voor de omzetting van mechanische energie in voor het net bruikbare elektriciteit gebruik te maken van allerlei elektromechanische en elektronische hulpmiddelen.

Economische aspecten

Bij de vraag wat het allemaal gaat kosten spelen fabricage en installatiekosten een voor de hand liggende rol. Vooral de grote rotoren zijn duur. De rotoren van moderne windmolens hebben daarom twee of hooguit drie bladen. Een driebladige rotor heeft een gelijkmatiger belastingverdeling dan een tweebladige rotor, waardoor de kans op ongewenste trillingen kleiner is.Er bestaan ook ontwerpen van molens met een éénbladsrotor. De excentrische krachten die zo'n blad uitoefent op de rest van de constructie moeten worden vereffend met behulp van een contragewicht. Dit balanceren is vooral bij wat grotere afmetingen niet zo eenvoudig. Als constructiemateriaal voor rotorbladen wordt veel gebruik gemaakt van kunststoffen. Deze paren goede sterkte-eigenschappen en bestendigheid tegen vermoeiing aan een relatief gering gewicht. De prijzen van windmolens variëren momenteel tussen de ƒ 2.000,-- en ƒ 4.000,-- per geïnstalleerd kW aan generatorvermogen. Grote windmolens zijn per geïnstalleerd vermogen goedkoper dan kleine molens ("economy of scale"). Waarschijnlijk ligt er wat de afmetingen betreft een bepaalde grens, waarboven de relatieve kostprijs weer stijgt. Tot nu toe zijn er wat de zeer grote windmolens betreft (rotordiameter tot 100 m) alleen maar dure prototypes gebouwd. De lagere prijzen die door de fabrikanten worden opgegeven zijn gebaseerd op nog niet gerealiseerde serieprodukties.

Of de gecentraliseerde toepassing van windturbines economisch aantrekkelijk is, wordt mede bepaald door de wijze waarop "windcentrales" kunnen worden ingepast in het totale systeem van bestaande elektriciteitscentrales. Als het flink waait leveren de windcentrales de stroom en kunnen in principe een aantal conventionele centrales op een lager vermogen draaien. Op deze manier kan worden gespaard op het gebruik van fossiele brandstoffen. De regelbaarheid van grote centrales, vooral van kolengestookte eenheden, is echter beperkt. Hierdoor kan lang niet altijd optimaal worden gereageerd op de sterke fluctuaties en het moeilijk voorspelbaar karakter van het windaanbod. Het koppelbedrijf van centrales is een complex geheel en het vereist een uitvoerige en gedegen analyse om uit te zoeken of met inschakeling van windkracht een reeële besparing aan brandstof kan worden verkregen. De problemen worden groter naarmate het opgestelde windvermogen groter wordt. Een nogal onderschatte kostenfactor wordt gevormd door allerlei elektrotechnische voorzieningen, die nodig zijn om windmolens aan

te sluiten op het hoogspanningsnet. Dit omvat wel iets meer dan een simpele verbindingskabel. Nodig zijn transformatorstations voor aanpassing van de spanning, tussenschakelstations, kortsluitbeveiligingen, regelapparatuur, enz. De kosten van deze voorzieningen liggen bijna in dezelfde orde van grootte als die van de windmolens zelf.

Het is niet mogelijk om geheel in het algemeen aan te geven of de gedecentraliseerde (kleinschalige) toepassing van windenergie rendabel is. De economische haalbaarheid is sterk afhankelijk van het windenergieaanbod ter plaatse en van de wijze waarop het betreffende bedrijf zijn energie gebruikt. Een zo constant mogelijke continu verbruik over het jaar is gunstig, omdat dan alle door de windmolen geleverde energie kan worden geabsorbeerd.

Voor de eigenaar van een windmolen wordt de rentabiliteit aanzienlijk verhoogd als de overtollige stroom tegen een vergoeding aan het net kan worden geleverd en gebruik kan worden gemaakt van een aantal door de overheid ingestelde subsidieregelingen, b.v. de Wet op de Investeringsrekening (WIR). Op basis van de eind 1980 geldende elektriciteits- en aardgastarieven, de aanschafkosten van een niet al te grote windmolen, de vergoeding voor aan het net geleverde stroom (8 à 10 ct/kWh) en de bestaande subsidieregelingen kunnen voor bepaalde toepassingen de investeringen in een periode van 8 tot 10 jaar worden terugverdiend. De mogelijkheden voor de autonome systemen (combinatie windmolen-dieselaggregaat) in de vele afgelegen of geïsoleerde gebieden over de gehele wereld liggen nog aanzienlijk gunstiger. Men heeft daar niet alleen te maken met de sterk stijgende olieprijzen, maar ook met het dure transport van de olie naar de afgelegen oorden. Indien het op zo'n plek voldoende waait - en dat is zeer dikwijls het geval - dan is eén windmoleninstallatie binnen enkele jaren terugverdiend door besparing op de brandstofkosten.

Het is overigens zeer wel denkbaar, dat de overheid het gebruik van de wind als energiebron ook zal stimuleren als de kosten nog niet geheel concurrerend zijn. Men zou bijvoorbeeld een bepaalde waarde kunnen toekennen aan de milieuvriendelijkheid en aan de besparing op deviezen (minder import van olie en kolen). Ook zou het strategisch belang (minder afhankelijk van de politieke situatie in de wereld) een rol kunnen spelen. Dit laatste argument wordt wel gehanteerd door de polderbesturen, die veel belangstelling tonen voor een hernieuwd, zij het slechts gedeeltelijk, gebruik van windmolens voor de polderbemaling.

Planologische aspecten

Het vaststellen waar grote aantallen windturbines kunnen worden geplaatst is voor ons land met zijn grote bevolkingsdichtheid en de reeds bestaande bestemmingsplannen een moeilijke opgave. De oplossing van dit probleem is meer een kwestie van beleid dan van diepgaande studie. De Ministeries van Economische Zaken en van Ruimtelijke Ordening hebben een werkgroep in het leven geroepen die een studie heeft gemaakt van alle aspecten die samenhangen met de bepaling van geschikte vestigingsplaatsen. Potentiële vestigingsplaatsen moeten in ieder geval aan de volgende voorwaarden voldoen:

- Er moet ter plaatse voldoende windaanbod zijn.
  De kinetische energie van de luchtstroom neemt toe met de derde macht van de windsnelheid. Hoe hoger ter plaatse de gemiddelde windsnelheid is, hoe minder windturbines van een bepaalde afmeting nodig zijn om een gewenste hoeveelheid energie te leveren. Dit wordt in onderstaande tabel geïllustreerd:

Gemiddelde windsnelheid m/sec	7	6,5	6	5,5	5
Aantal benodigde windturbines	3150	3950	5000	6500	8650

  In figuur 4 zijn de isolijnen van de jaargemiddelde windsnelheid voor Nederland aangegeven. Ruwweg kan hieruit worden geconcludeerd dat de gebieden ten westen van de isolijn 5,5 het aantrekkelijkst zijn voor de plaatsing van windturbines. De aangegeven snelheden gelden voor vlak terrein zonder obstakels en op 10 m boven het aardoppervlak. Op grotere hoogte is de windsnelheid groter maar de tendens die door de isolijnen wordt weergegeven blijft, volgens gegevens van het KNMI, hetzelfde.
- Er mogen zich ter plaatse geen grote obstakels bevinden. Gebouwen, duinen, bomenrijen, bossen, enz. veroorzaken een sterke afname van de windsnelheid. Windturbines moeten daarom worden neergezet op open terrein, met als voorwaarde, dat in de toekomst in de nabije omgeving geen grote obstakels mogen worden neergezet.
- De ligging ten opzichte van het bestaande en toekomstige elektriciteitsnet en de voor de koppeling benodigde voorzieningen moet zo gunstig mogelijk zijn (korte kabelverbindingen).
- De potentiële vestigingsplaatsen moeten goed bereikbaar zijn of kunnen worden gemaakt voor de samenbouw en de uitvoering van onderhoudswerkzaamheden. Dit betekent goede toegangswegen (of waterwegen) naar iedere individuele windturbine met voldoende ruimte er omheen.
- Er moeten maatregelen kunnen worden genomen voor beveiliging van de turbine-installatie zelf (diefstal, vandalisme) en de beveiliging van de omgeving. Rekening moet worden gehouden met de mogelijkheid dat een rotorblad afbreekt en wordt weggeslingerd.

Bij de keus van de vestigingsplaatsen moet verder rekening worden gehouden met de volgende factoren:

- Verlies aan cultuurgrond. In verband met het genoemde veiligheidsaspect mag in een bepaald gebied rondom de windturbine waarschijnlijk niet worden gewerkt. De windturbine moet bovendien steeds bereikbaar zijn voor transport ten behoeve van de vervanging van onderdelen (bijv. rotorbladen).
- Geluidshinder. In het algemeen wordt het geluid van de draaiende rotoren niet als onaangenaam ervaren. Gunstig is hierbij dat de turbines alleen draaien bij vrij sterke wind, zodat er dan toch al veel geruis is.
- Storing van televisie-ontvangst. Het is bekend van de gemoderniseerde windmolen, de Traanroeier op Texel, dat de metalen wieken een storing op het televisiescherm veroorzaken. Bij gebruik van geheel uit kunststof vervaardigde rotorbladen kan dit probleem waarschijnlijk worden ondervangen. Ook kabeltelevisie biedt een goede oplossing.
- Invloed op de recreatiemogelijkheden. Afgezien van visuele hinder moet rekening worden gehouden met de mogelijkheid dat met het oog op de veiligheid windturbineparken niet toegankelijk zullen zijn voor het publiek.
- Invloed op flora en fauna. Gewassen die zich langdurig in de wervelende zog van windturbines bevinden, kunnen misschien schade ondervinden. Een belangrijk aspect is de kans op sterfte van vogels, die door de draaiende rotoren worden getroffen. Volgens waarnemingen bij bestaande windmolens schijnt dit mee te vallen. Vermoedelijk worden de vogels gewaarschuwd door het storingsveld, dat zich ook voor de turbine uitstrekt.
- Mogelijke storing van de luchtvaart. Dit is alleen van belang in de buurt van vliegvelden.
- Mogelijke storing van civiele en militaire telecommunicatiesystemen (vooral radar).
- Aanpassingsmogelijkheden aan het landschap. Bij alle beschouwingen over de landschappelijke aspecten moet ervan worden uitgegaan, dat bij het benutten van windenergie de windturbines in het landschap sterk de aandacht zullen trekken, omdat ze nu eenmaal op open terrein moeten worden opgesteld. De uitvoeringsvormen liggen in grote lijnen vast. De keus zal moeten vallen op een windturbine met horizontale as of op een windturbine met verticale as (Darrieus rotor). Met estetische vormgeving valt wel iets te bereiken, maar de mogelijkheden zijn beperkt, omdat anders het rendement teveel wordt aangetast. Wel kan men bijvoorbeeld de loop van wegen, rivieren en dijken volgen.

Wanneer plaatsing op het land om welke redenen dan ook niet mogelijk is, kan plaatsing op zee worden overwogen. Dit biedt de volgende voordelen:
- meer wind, dus minder turbines nodig om een bepaalde hoeveelheid energie te leveren;
- geen invloed op het landschap.

Er zijn echter ook nadelen, zoals:
- dure fundaties en kabelverbindingen naar het land;
- corrosieve atmosfeer;
- moeilijk onderhoud.

Ook op zee krijgt men te maken met planologische problemen. De zee is veel minder vrij dan wel wordt gedacht. Er moet rekening worden gehouden met:
- scheepvaartroutes, havenaanlooproutes, anker- en wachtplaatsen;
- militaire beperkingen, zoals oefen- en schietterreinen, mijnenvelden;
- kabels en pijpleidingen;
- olie- en gasboringen consessies;
- visserijbelangen.

De Waddenzee is wat windklimaat betreft zeer geschikt om windturbines te plaatsen, maar is grotendeels tot beschermd natuurgebied verklaard.

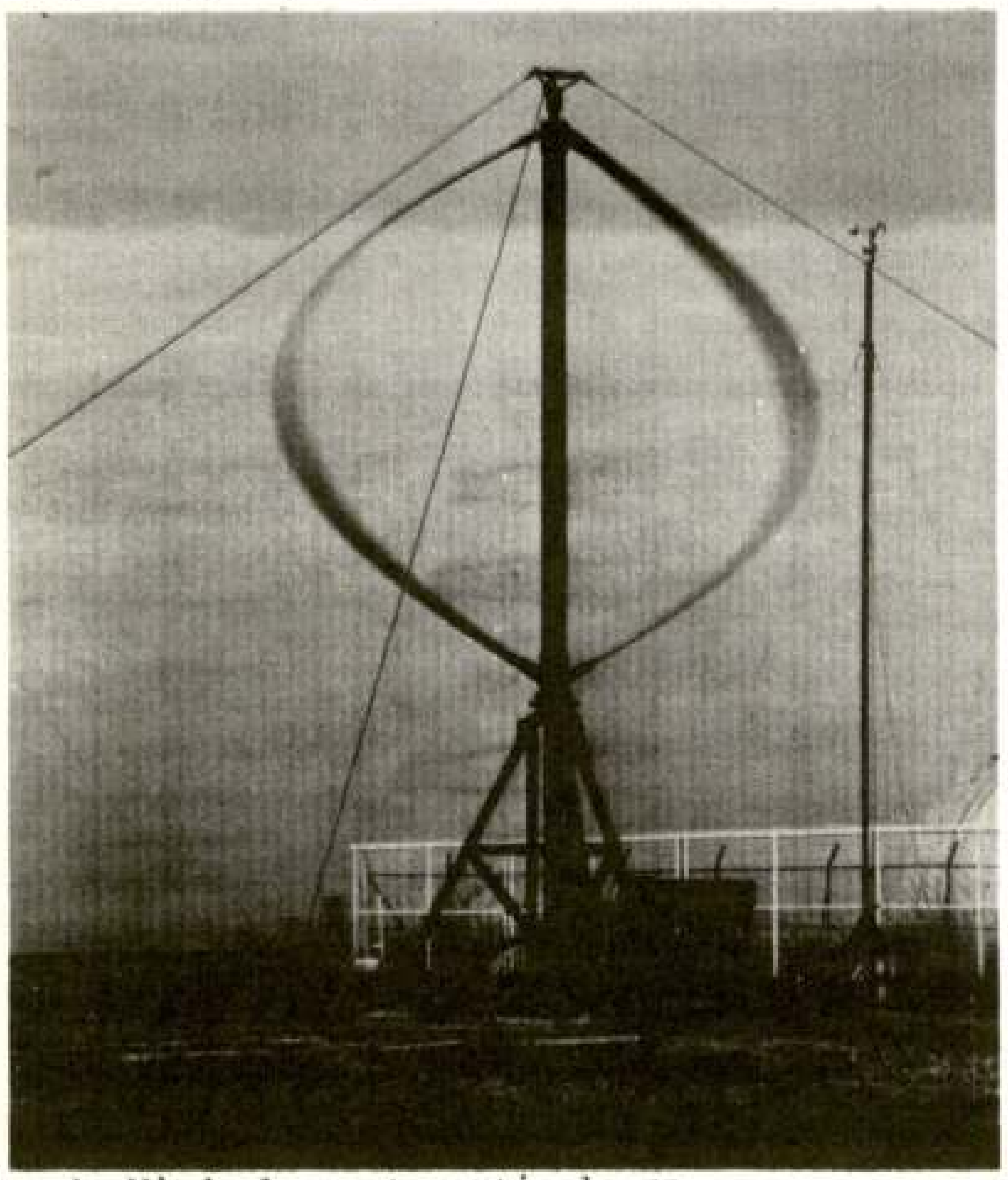


Fig. 1: Windmolen met verticale as.

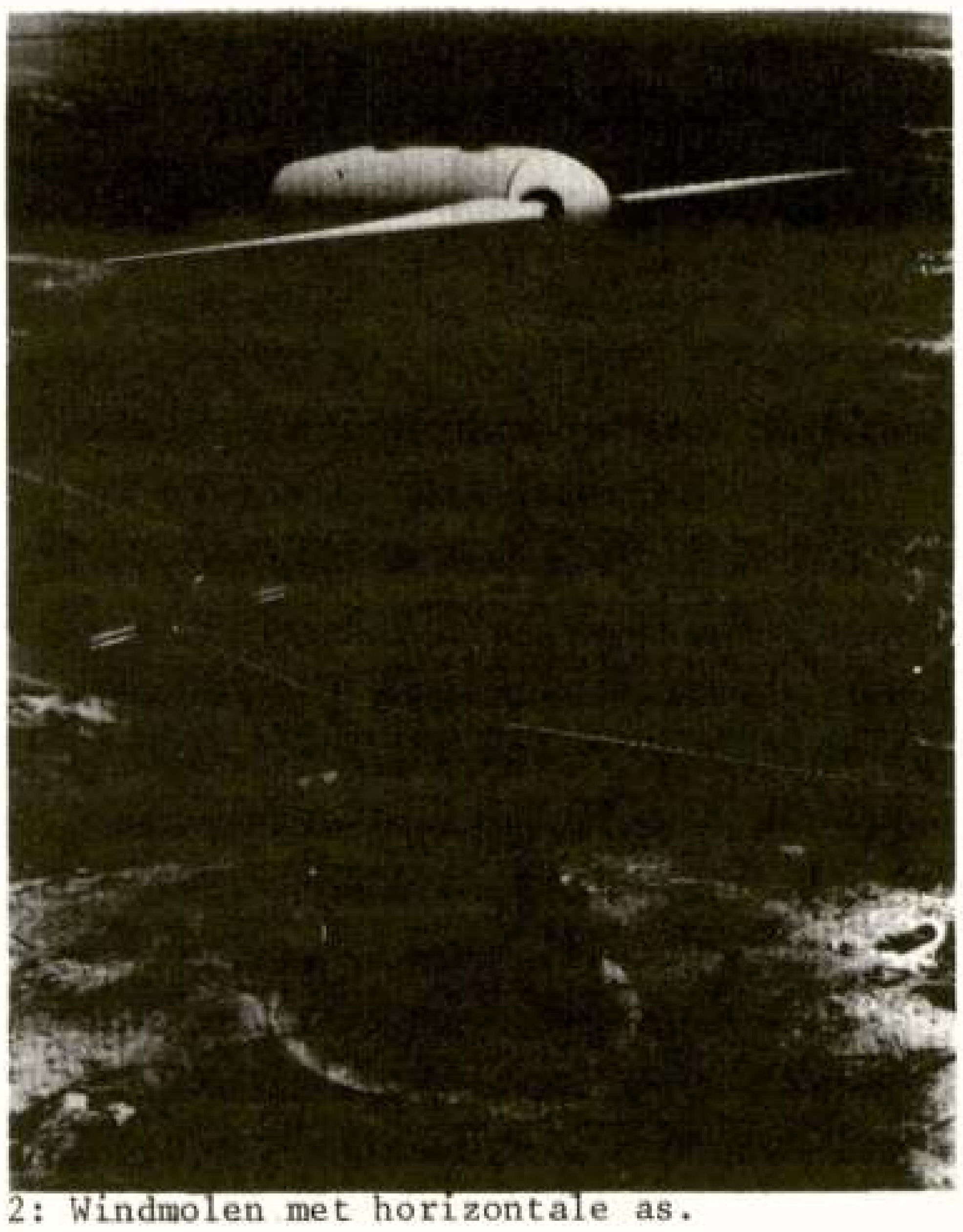


Fig. 2: Windmolen met horizontale as.

PROJECTEN VAN HET NATIONAAL ONDERZOEKPROGRAMMA WINDENERGIE	
Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI)	Bewerking van windgegevens
Fokker B.V.	Fabricage rotorbladen voor de horizontale as turbine te Petten. Ontwerp van windturbines met verticale as.
Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium (NLR)	Ontwikkeling van rekenmodellen.
FDO-Technische Adviseurs B.V.	Ontwerp, fabricage en assemblage van 25 m windturbine met horizontale as.
Technische Hogeschool Eindhoven	Elektrische conversiesystemen.
Holec	Bouw van elektrische systemen.
Rademakers Aandrijvingen B.V.	Ontwikkeling van een regelbare planetaire tandwielaandrijving.
Centraal Technisch Instituut TNO	Meting van zog-effecten in windturbineparken.
Technische Hogeschool Delft	Ontwikkeling van het "tip-vane" concept.
Hydronamic	Windenergie op zee.
N.V. Keuring Elektrotechnische Materialen (KEMA)	Integratie van uit windenergie opgewekte elektriciteit in het bestaande distributienet.
Energie Onderzoekcentrum Nederland (ECN)	Project management. Bedrijf en testen 25 m diameter horizontale as windturbine. Testen kleine windturbines.



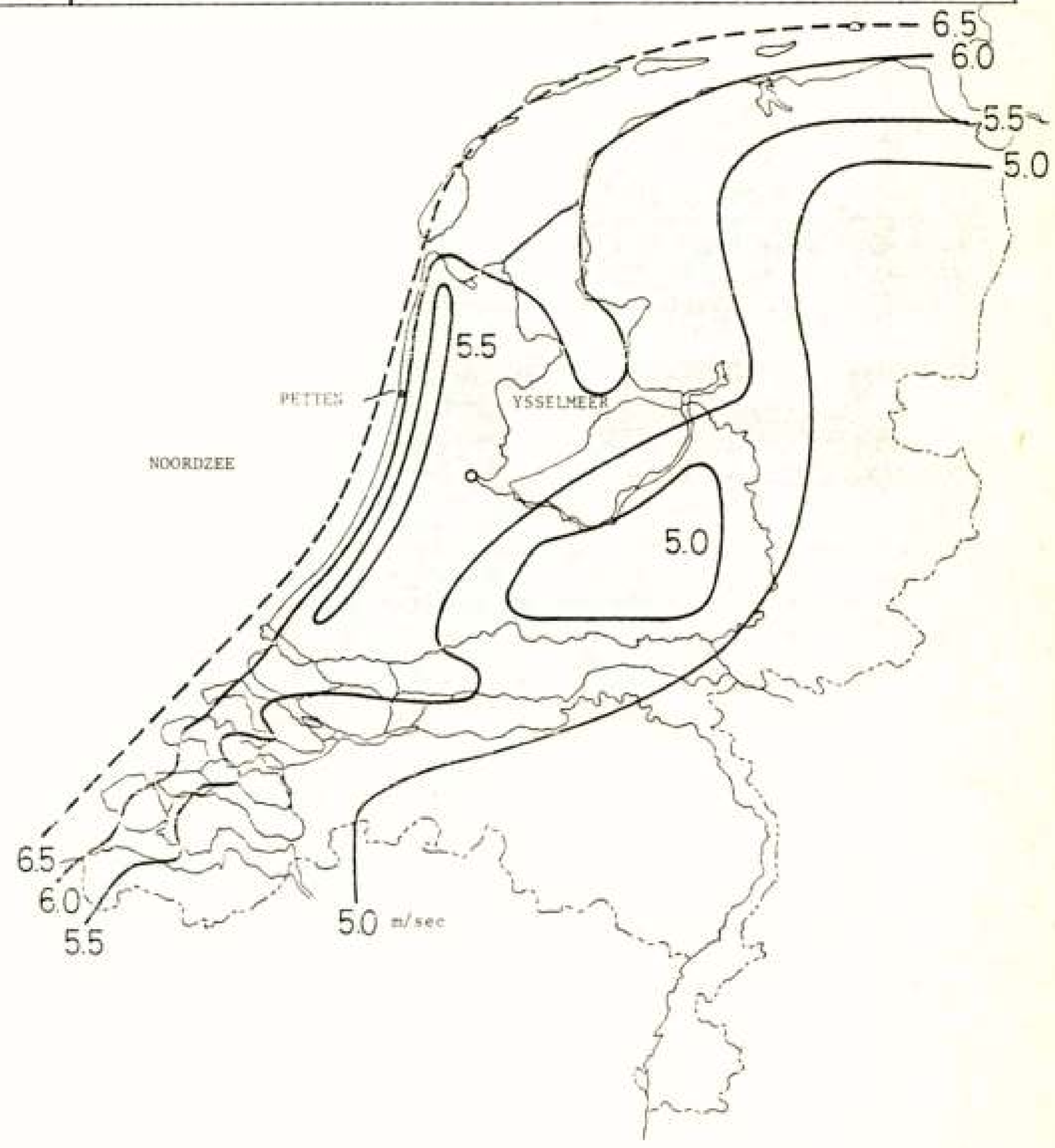


Fig. 3: Experimentele windmolen met tipvanes

Fig. 4: Jaarlijkse gemiddelde windsnelheid op 10 m hoogte.

Voordracht gehouden op 19 februari 1981 op de THD, tijdens een gemeenschappelijke vergadering van het NERG (nr. 295), Sectie Telecommunicatietechniek KIvI en de Benelux Sectie IEEE.

MODERNE DIGITALE TRANSMISSIE OVER KOPERKABELS

Dott. Ing. A.M. Giacometti

Philips' Telecommunicatie Industrie

Modern digital transmission on copper cables. The basic design philosophy of present-day digital transmission systems on copper lines is presented in a tutorial way. The importance of advanced circuit technology is shown by examples of realisation.

INLEIDING

De digitale transmissie berust op betrekkelijk oude beginselen; ook in de moderne litteratuur over het onderwerp vindt men vaak de verwijzing naar het artikel "Certain topics in telegraph transmission theory", (Nyquist, 1928).

Dit is niet verrassend, omdat Nyquist een fundamenteel probleem heeft onderzocht; namelijk hoe een bepaalde hoeveelheid informatie getransporteerd kan worden, door middel van een transmissie medium met een bepaalde bandbreedte.

Het verschil tussen de situaties van toen en nu is dat de hoeveelheid informatie die in dezelfde tijd overgebracht wordt anders is; immers schrijft Nyquist over "telegraph transmission", dus iets in de buurt van honderd binaire symbolen per seconde; tegenwoordig hebben wij het over 34, 140, 560 Mb/s; dat wil zeggen honderden miljoenen binaire symbolen per seconde. Deze vooruitgang werd mogelijk gemaakt door de beschikbaarheid van twee factoren; namelijk effectieve rekenmiddelen en geavanceerde technologie; de bijdrage van deze factoren in de realisatie van de moderne systemen zal duidelijk blijken als wij eerst de belangrijkste problemen van de digitale transmissie de revue laten passeren.

DIGITALE TRANSMISSIE IN HET ALGEMEEN

Een digitaal transmissie systeem brengt informatie over die bestaat uit een reeks regelmatig opeenvolgende symbolen, gekozen uit een beperkt aantal mogelijkheden.

De belangrijkste consequentie hiervan is dat het informatie dragende signaal gekenmerkt is door twee bijzondere eigenschappen: ten eerste is zijn waarde alléén op bepaalde ogenblikken van belang (we noemen die ogenblikken beslissingsmomenten); ten tweede kan het signaal, op die ogenblikken, een waarde hebben die tot een beperkt aantal mogelijkheden behoort.

De zender kunnen we dan in zijn algemeenheid beschouwen als een generator van een reeks b.v. rechthoekige impulsen, waarvan de amplitude slechts bepaalde waarden kan hebben. In fig. 1 ziet men een voorbeeld van zendsignaal.

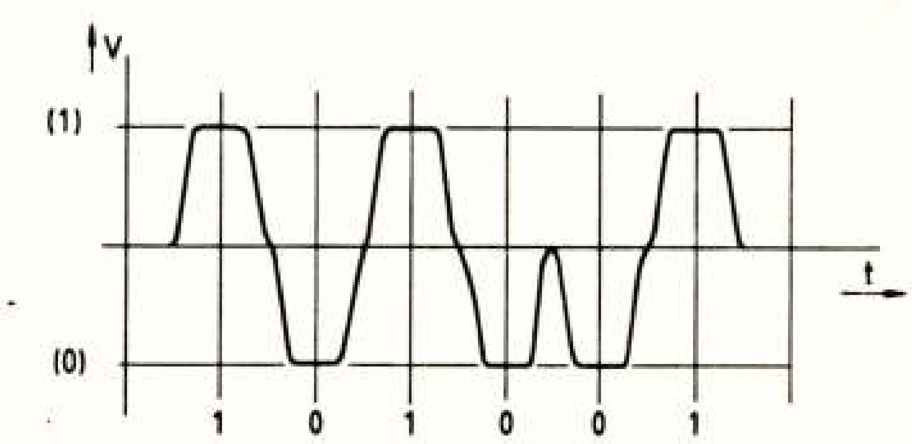


Fig. 1: Voorbeeld van zendsignaal.

Uit het figuur blijkt dat, in het geval van ideale transmissie, de ontvanger in staat is de oorspronkelijke reeks symbolen te reconstrueren door middel van twee bewerkingen, d.w.z. synchronisatie en beslissing.

Met synchronisatie bedoelen wij dat een plaatselijk horloge, dat de beslissingsmomenten aangeeft, geregeld wordt aan de hand van de overgangen van het binnenkomende signaal, zodat de beslissingsmomenten "optimaal" vallen.

Met beslissing bedoelen wij dat de ontvanger, op de aangegeven beslissingsmomenten, de waarde van het binnenkomende signaal vergelijkt met één of meer gegeven referenties en beslist, afhankelijk van het resultaat van de vergelijking, welk symbool op dat moment gezonden is. De eerste bewerking wordt in de engelstalige litteratuur "retiming" genoemd; de tweede "regeneration".

Als wij nu opmerken dat een niet ideaal transmissie medium een vertekend signaal weergeeft en bovendien de circuits onvermijdelijk ruis aan het signaal toevoegen, kunnen wij concluderen dat de twee bewerkingen die wij

al kennen (d.w.z. retiming en regeneration) voorafgegaan moeten worden door een bepaald soort filtering. Deze bewerking heet "reshaping"; men spreekt van 3-R ontvanger als alle drie de bewerkingen (reshaping, retiming, regeneration) in hetzelfde apparaat plaats vinden. Men spreekt ook van 3-R repeater, daarmee bedoelend dat het apparaat tegelijkertijd ontvanger en zender is. (fig. 2)

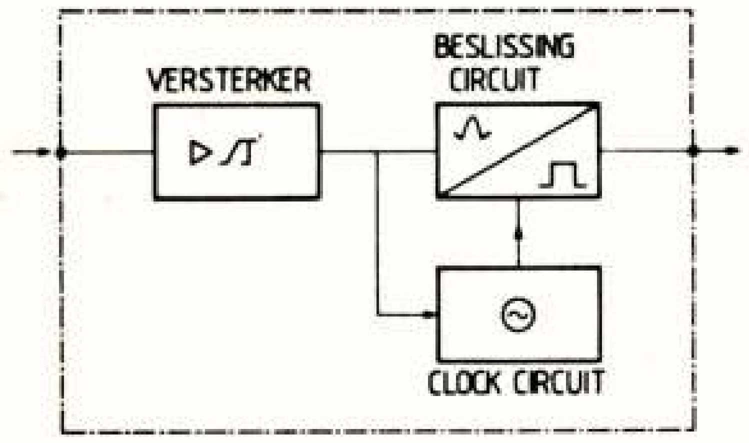


Fig. 2: Principe-opbouw van een 3-R repeater.

De kwaliteit van een digitaal transmissie systeem kan worden uitgedrukt door middel van de zogenaamde fout dichtheid; hiermee wordt de verhouding aangeduid tussen het aantal foutieve beslissingen en het aantal overgebrachte symbolen gedurend een bepaalde tijd. Het spreekt vanzelf dat men streeft naar de kleinst mogelijke foutdichtheid, binnen de beperkingen van het beschikbare vermogen en de mogelijkheden van het transmissie medium.

Wij zullen nu wat dieper ingaan op de eigenschappen van het transmissie medium en zijn invloed op het ontwerp.

De voor ons doel belangrijkste eigenschap van een transmissie lijn is haar overdrachtsfunktie. De overdrachtskarakteristiek van koperen transmissie lijnen, zowel coaxiale kabels als andere soorten kabels, is gekenmerkt door het feit dat de demping, d.w.z. de verhouding tussen de amplituden van sinusvormige ingangs- en uitgangsspanningen, toeneemt als de frequentie van de signalen toeneemt, en bovendien een exponentiële funktie is van de lengte van de lijn. Zo is b.v. de demping van de 1.2/4.4 mm coax. kabel gegeven door de formule:

$$\left|\frac{V_{in}}{V_{out}}\right| = \exp\left(0.6 \times L_{km} \times \sqrt{f_{MHz}}\right)$$

De fase karakteristiek is ook geen lineaire funktie van de frequentie; als voorbeeld kunnen we dezelfde kabel nemen en opmerken dat het fase verschil tussen sinusvormige ingangs- en uitgangsspanningen kan berekend worden met de formule:

$$\Delta\phi^0 = \frac{180}{\pi} \times 0.6 \times \sqrt{f_{MHz}} \times L_{km}$$

De consequentie van de frequentie-afhankelijke demping en niet-lineaire fase verschuiving is dat het ontvangen signaal zo vervormd is dat de oorspronkelijke reeks symbolen niet meer direct te herkennen is. De voor de hand liggende oplossing is de egalisatie van de overdrachtskarakteristiek van de lijn. Dit betekent dat in de ontvanger het signaal eerst aangeboden wordt aan een egaliserende versterker waarvan de versterking complementair is met de demping van de lijn.

We zullen nu onderzoeken hoe men optimaal de bandbreedte van de versterker kiest en welke overdrachtskarakteristiek het filter moet hebben, dat deze bandbegrenzing verwezenlijkt.

OPTIMAAL ONTWERP VAN DE EGALISATOR

De eerste oplossing van het probleem werd door Nyquist gegeven en geldt nu als beginpunt van de verdere ontwerp optimalisatie.

Kort gezegd, heeft Nyquist zich afgevraagd hoeveel symbolen per seconde kunnen worden overgebracht via een medium met een bepaalde bandbreedte. De oplossing ligt in de opmerking dat de impulsresponse van een ideaal laag-doorlaat filter met afsnijfrequentie f_n en geen fase verschuiving, gekenmerkt is door nuldoorgangen op de momenten T, 2T, 3T, etc., waar $T = \frac{1}{2f_n}$; bovendien is deze golfvorm anders dan nul op het moment t = 0. Zo een golfvorm leent zich in principe voor interferentievrije transmissie met de snelheid van $2f_n$ symbolen per seconde: op een gegeven beslissingsmoment kT zijn immers de "natrillingen" van alle voorafgaande symbolen nul en heeft het aanwezige signaal een waarde die slechts afhankelijk is van het symbool dat op dit bepaalde moment gezonden is (fig. 3).

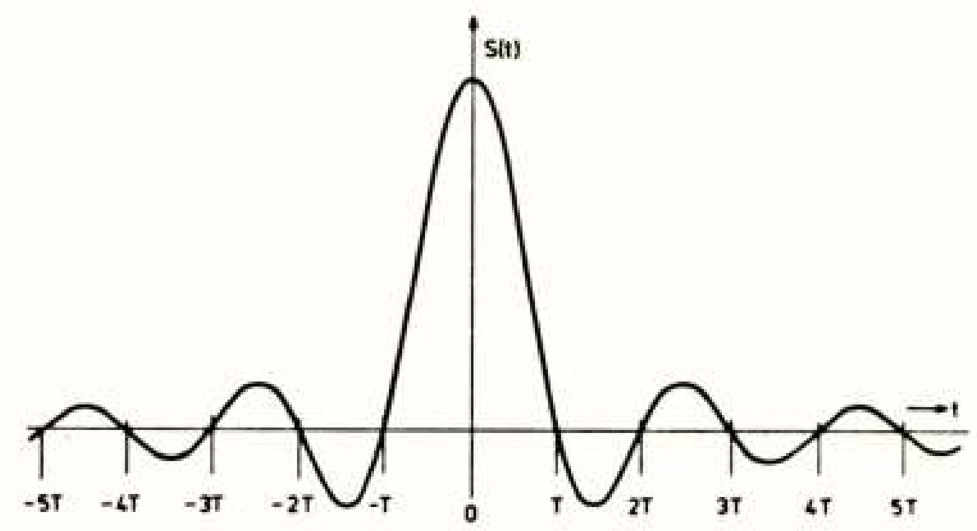


Fig. 3: Impulsresponse van het ideale laag-doorlaat filter.

De ideale laag-doorlaat is niet de enige overdrachtsfunktie met de bovengenoemde eigenschappen; Nyquist heeft een hele reeks funkties aangegeven met dezelfde eigenschappen van interferentievrije transmissie. Deze funkties bestaan allemaal uit de som van de ideale laag doorlaat en een willekeurige funktie, antisymmetrisch rond de frequentie f_n (fig. 4).

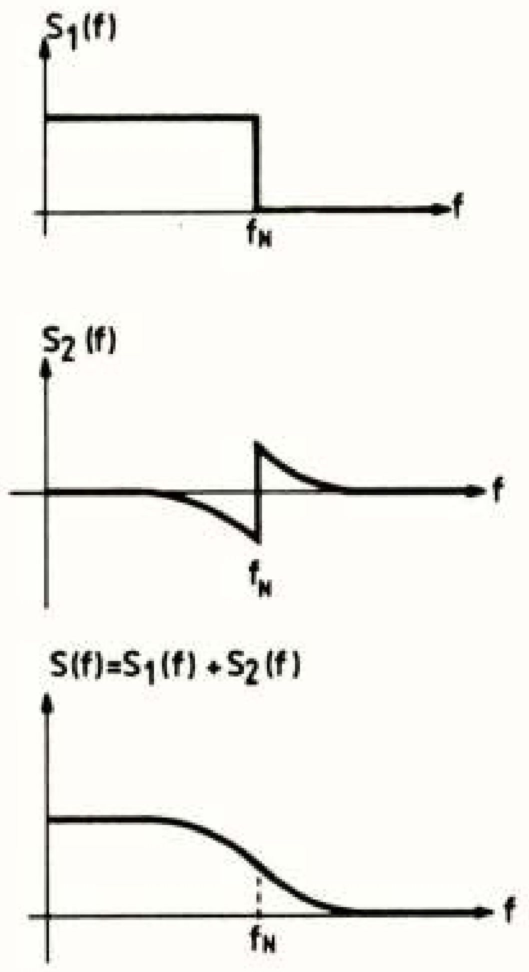


Fig. 4: Opbouw van een overdrachtsfunktie volgens het eerste principe van Nyquist.

De overdrachtsfunktie van de egaliserende versterker moet dan zo gekozen worden, dat de response van het transmissie systeem aan een enkele zendimpuls, dezelfde eigenschappen toont als de golfvorm in fig. 3.

Men kan zich nu afvragen welke consequenties heeft de keuze van een bepaalde overdrachtsfunktie, volgens het principe van Nyquist.

Om dat te bestuderen moeten we eerst opmerken dat, door verschillende redenen, het niet mogelijk is dat de beslissingsmomenten precies op de interferentievrije ogenblikken vallen. Het resultaat hiervan is dat op de beslissingsmomenten de signaalwaarde niet alleen afhankelijk is van het te detecteren symbool, maar ook van de voorafgaande en nakomende symbolen. Afhankelijk van de naburige symbolen, kan het signaal tussen een bepaald maximum en minimum liggen; deze waarden zijn in het algemeen funktie van de tijd.

Als wij nu deze signaal grenzen tekenen voor het geval van een bepaald gezonden symbool, daarna voor een ander symbool en zo voort tot aan het laatste, dan tekenen wij het zogenaamd oogdiagram (fig. 5). Dit beschrijft dus, als funktie van de tijd, het verloop van het maximum en minimum van het signaal, voor elk niveau. Alle mogelijke signalen zullen ergens tussen deze grenzen verlopen. Wij kunnen ook zeggen dat de oogopening het kleinst mogelijk verschil aangeeft tussen signalen die met aangrenzende gezonden symbolen overeenkomen.

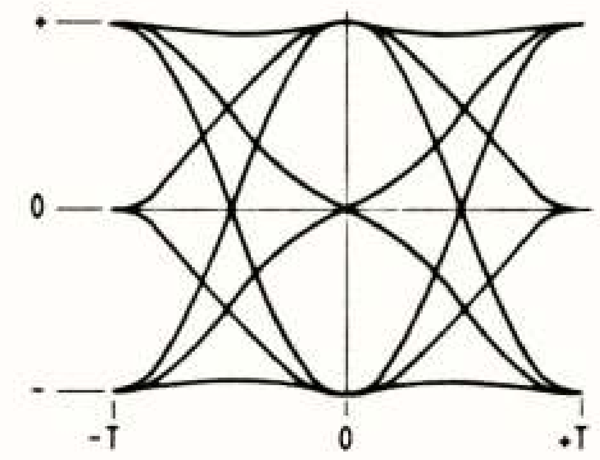


Fig. 5: Oogdiagram.

Men kan uit de vorm van het oogdiagramma opmerken dat, hoe steiler de helling van de grenzen is, des te groter is de kans van fouten ten gevolge van niet-optimale keuze van de beslissingsmomenten en optredende storende signalen. Met gelijkblijvende storingsniveau is dan die overdrachtsfunktie optimaal, die met het breedste oog overeenkomt.

Laten wij nu onderzoeken hoe het storingsniveau afhangt van de overdrachtsfunktie van de versterker, en laten wij ons beperken tot het geval van coaxiale transmissie lijnen. De storing bestaat in dat geval hoofdzakelijk uit thermische ruis, die gedeeltelijk door de aktieve circuits van de versterker wordt geproduceerd en gedeeltelijk al aan de ingang van de ontvanger aanwezig is.

Het storingsniveau is in zó een geval afhankelijk van de overdrachtsfunktie van de versterker; meer in detail kunnen wij stellen dat het storingsniveau aan de ingang van het beslissingscircuit snel toeneemt naarmate de bandbreedte groter wordt. Als wij verschillende overdrachtsfunkties met elkaar vergelijken, kunnen wij opmerken dat benodigde bandbreedte, storingsniveau en vorm van het oogdiagram met elkaar verbonden zijn, en wel in de zin dat benodigde bandbreedte en storingsniveau toenemen naarmate het oogdiagram breder wordt.

Al deze redeneringen leiden ons tot de conclusie dat de optimale overdrachtsfunktie het beste compromis is tussen de tegenovergestelde eisen van breed oog en laag storingsniveau.

Het probleem kan goed worden opgelost d.m.v. wiskundige optimalisatie methoden. Laten we eerst opmerken dat er minder fouten gemaakt zullen worden als de oogopening groter is en het ruisvermogen kleiner. Met andere woorden, de foutdichtheid zal minimaal zijn wanneer de verhouding tussen oogopening en effektieve ruis

maximaal is. (Dit zullen we signaal-ruis verhouding noemen.) Men kan die verhouding als ontwerpkriterium nemen en trachten die verhouding te maximaliseren in de ongunstigste bedrijfstoestanden van het systeem. Men kan denkbeeldig drie stappen onderscheiden. Eerst wordt, als beginpunt, het ideale spectrum van het geëgaliseerde signaal gekozen. Dit kan gebeuren òf met een eenvoudige computer berekening òf door middel van grafieken en tabellen. Als het ideale spectrum vastgesteld is, dan is ook de ideale overdrachtskarakteristiek van de egalisator bekend; deze kan door middel van een elektrisch netwerk benaderd worden. Dat netwerk moeten we samenstellen op grond van ervaring zo, dat de gezochte overdrachtsfunktie redelijk benaderd wordt. De gekozen egalisator kan beschreven worden met polen en nulpunten. Ook deze stap kan geschieden met behulp van optimalisatie strategieën geprogrammeerd op een computer.

De laatste stap is ook een wiskundige optimalisatie. Het hele transmissie systeem kan immers gesimuleerd worden op een computer; d.w.z. dat men in staat is de signaal-ruis verhouding te berekenen als de polen en nulpunten van de egalisator bekend zijn. Men kan dan met behulp van een doelgerichte strategie de systeemparameters (d.i. polen en nulpunten) zodanig veranderen, dat de kwaliteits maatstaf (d.i. de signaal-ruis verhouding) maximaal is. Het resultaat hiervan is dat stelsel polen en nulpunten dat de optimale overdrachtsfunktie van de egalisator weergeeft.

Zo een ingewikkelde berekening is natuurlijk ondenkbaar zonder moderne computers, vandaag is integendeel mogelijk het complete ontwerp van de egalisatie van een "state-of-the-art" systeem, beginnend van de specificatie tot aan de waarde van de elementen toe, in enkele dagen te voltooien.

Het ontwerp van de egalisatie is niet het enige toepassingsgebied van moderne rekenmiddelen in het ontwerp van digitale transmissiesystemen. Andere toepassingen zijn het ontwerp van circuits en de simulatie van complexe digitale schakelingen. Deze gedachten leiden ons tot de beschouwing van een ander belangrijk aspect van de moderne digitale transmissie, d.i. de realisatie technologieën.

<u>OPBOUW VAN EEN DIGITAAL TRANSMISSIESYSTEEM</u>

Als wij de loop van het signaal door een digitaal transmissiesysteem volgen, kunnen we twee soorten apparatuur onderscheiden, namelijk stationsapparatuur en ondergrondse repeaters (fig. 6).

De stationsapparatuur heeft als voornaamste doel de omzetting van het binnenkomende signaal in een formaat dat geschikt is voor de transmissie op de lijn. Dit komt overeen met een snelheid reductie die bereikt kan worden door middel van meer-niveau codering. Deze omzetting is een zuivere digitale bewerking; de belangrijkste problemen zijn: omschakelsnelheid van de digitale bouwstenen, toelaatbare dissipatie in een kleine ruimte, opbouwproblemen door verschillende propagatie tijden. Verschillende oplossingen zijn denkbaar: gebruik van logische bouwstenen van de snellere soorten; gebruik van geprogrammeerde geheugens; volledig geïntegreerde code omzetters. Deze laatste oplossing is tegenwoordig zeer actueel, dankzij de beschikbaarheid van geïntegreerde schakelingen "op maat geknipt"; de technische voordelen ten opzichte van een oplossing met logische bouwstenen zijn groot: minder dissipatie, makkelijker ontwerp, minder problemen met propagatie tijden en grotere bedrijfszekerheid.

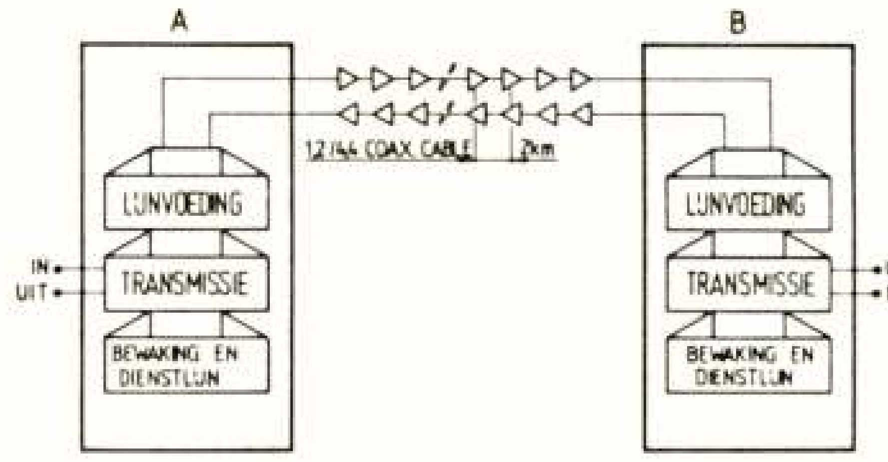


Fig. 6: Een digitale verbinding.

Dit is van bijzonder belang als wij de stationsapparatuur verlaten en de lijn volgen. De regeneratieve repeaters maken immers het grootste gedeelte uit van het transmissiesysteem en zijn in het algemeen het moeilijkste te vervangen onderdeel. Daarom zijn de eisen: stabiele overdrachtseigenschappen en grote bedrijfszekerheid. Als we een voorbeeld van realisatie bekijken, kunnen we het grote aantal hybride en geïntegreerde schakelingen opmerken (fig. 7).

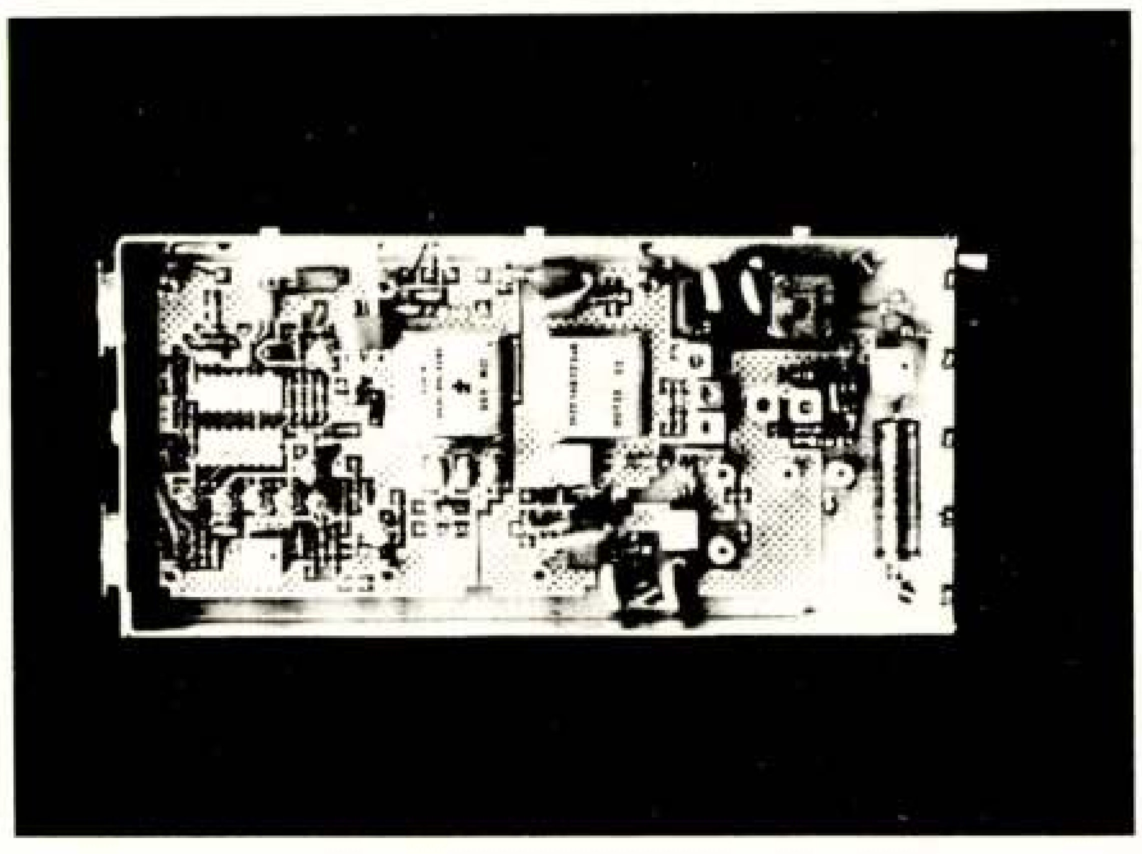


Fig. 7: Een ondergrondse regeneratieve repeater.

Laten we de signaalweg in zo een repeater volgen. Na de kunstkabel, ontworpen met optimalisatie methoden om de parasieten te compenseren, vindt men de voorversterker, gebouwd met dunne film technologie. De reden hiervan is dat, behalve ruimte winst, men een nauwe controle kan krijgen over parasieten; bovendien kunnen de waarden van de weerstanden automatisch en nauwkeurig afgeregeld worden. Dezelfde redenen gelden voor de clock-schakeling; bovendien kan men opmerken dat in dit circuit differentiële versterkers op één kristal worden toegepast; dit voorkomt een groot deel van offset problemen. De regeneratie geschiedt in een monolytisch geïntegreerd circuit. Het is immers van zeer groot belang dat de vertragingen die het signaal en de clock ondervinden onder controle blijven; bovendien moet de vergelijking tussen signaal en drempel zo veel mogelijk vrij zijn van ongewenste offset effecten. Deze redenen hebben de keuze van een geïntegreerde schakeling "op maat" bepaald.

Door middel van deze maatregelen worden de transmissie eigenschappen van het systeem binnen zeer nauwkeurige grenzen gehouden en wordt de bedrijfszekerheid ervan vergroot. Door het grote aantal regeneratoren achter elkaar en hun moeilijke vervangbaarheid is het toch noodzakelijk dat men over een goed supervisie en foutlokalisatie systeem beschikt. Deze is eigenlijk een hulpfunktie, maar van groot economisch belang: de vervanging van defekte regeneratoren is immers een arbeidsintensief gebeuren dat zo efficient mogelijk moet plaats vinden. Met de moderne foutlokalisatie methoden is het mogelijk, vanuit een station de foutdichtheid van elke regenerator te meten.

Wij kunnen in dit verband onderscheid maken tussen twee verschillende bewerkingen: het meten van de foutdichtheid zelf en het overbrengen van deze informatie naar het eindstation.

Om de foutdichtheid te meten kan men gebruik maken van de eigenschappen van de lijncode. Deze wordt immers zo ontworpen dat het aantal gelijke symbolen die elkaar volgen beperkt is, en de gemiddelde waarde van het lijnsignaal binnen vaste grenzen variëert. Een lijnfout veroorzaakt een overtreding van deze wetten en wordt in principe gesignaleerd door het feit dat de gemiddelde waarde van het signaal de gestelde grenzen overschrijdt. Door het aantal overschrijdingen gedurende een vaste tijd te tellen krijgt men een getal dat in verband is met de foutdichtheid bij een bepaalde repeater. Deze bewerking geschiedt in een geïntegreerd circuit, de eisen hieraan zijn snelheid en zuinigheid.

De volgende stap is het overbrengen van de foutdichtheid informatie, en eventuele additionele informatie, naar het eindstation. Verschillende oplossingen zijn mogelijk; bijzonder interessant is het zogenaamd "random multiplex" systeem.

De transmissieweg is dezelfde kabel die dient om de hoofdinformatie te overbrengen; deze, samen met de voedingsweg om de regeneratoren heen, vormt een ononderbroken laagfrequent weg tussen de stations. Daar worden de foutlokalisatie zenders van elke repeater aangesloten. Er bestaat geen synchronisatie tussen de verschillende zenders: elke zender stuurt een boodschap weg op willekeurige momenten. Men kan aantonen dat er een bepaalde kans bestaat dat de boodschap van een bepaalde regenerator niet samenvalt met boodschappen komend uit andere regeneratoren en dus onverminkt wordt ontvangen. Wat men nodig heeft is in dit geval een manier om "echte" boodschappen te herkennen; dat kan eenvoudig door middel van pariteit controle gebeuren.

De boodschappen bevatten hoofdzakelijk twee informaties: het adres van de zender, en de foutdichtheid; alles binair gecodeerd. De foutdichtheid van elke zender wordt in een geheugen opgeslagen en is beschikbaar voor verdere bewerking, zoals sturing van een display of communicatie met een centrale besturingscomputer.

Men kan zich realiseren dat de eindstation apparatuur een grote hoeveelheid bewerkingen moet verrichten; bovendien moet het systeem in staat zijn om verschillende lijnkonfiguraties makkelijk te bewaken, tenslotte, maar ook belangrijk, moet de bediening eenvoudig zijn. Aan deze eisen wordt voldaan door de toepassing van microprocessors. Hiermee wordt de grootst mogelijke flexibiliteit bereikt, en krijgt men toegang op alle denkbare bewerkingen van de foutlokalisatie informatie, zoals b.v. transmissie naar een centrale computer die de toestand van een hele regio bewaakt, en soortgelijke systemen.

CONCLUSIE

De moderne digitale transmissiesystemen over koperkabels zijn gekenmerkt door hoge transmissie snelheid, grote betrouwbaarheid en gering vermogensverbruik.

Aan deze eisen kan worden voldaan ten eerste met een zo optimaal mogelijk ontwerp, ten tweede met de toepassing van betrouwbare en efficiënte bouwstenen.

Beide elementen zijn noodzakelijk gebleken voor de realisatie van de huidige systemen en zullen zeker onmisbaar zijn voor de toekomstige toepassingen van hetzelfde transmissie medium.

LITTERATUUR

Nyquist, H., Certain Topics in Telegraph Transmission Theory, AIEE Trans., 47, April, 1928, blz. 617-644.

Voordracht gehouden op 12 mei 1981 in het Dr. Neher Laboratorium tijdens een gemeenschappelijke vergadering van het NERG (nr. 297), Sectie Telecommunicatietechniek KIvI, en de Benelux Sectie IEEE

DIGITALE TRANSMISSIE VIA STRAALVERBINDINGEN
MET EEN BIT-SNELHEID VAN 34 EN 140 MBit/s

ir. J. Noordanus
Philips' Telecommunicatie Industrie B.V. Huizen

Digital transmission by radio link with a bit rate of 34 and 140 MBit/s.
A survey is given of the used frequency bands in Europe with their specific transmission characteristics, the different modulation methods and the supervision philosophy. As an example the equipment of the Netherlands PTT-PTI fieldtrial at 18 GHz (2x140 MBit/s) in the Netherlands is mentioned.

1. INLEIDING

In de rij van transmissie methoden neemt de radio transmissie een unieke plaats in omdat bij deze wijze van transmissie geen gebruik wordt gemaakt van een materiële drager of geleider. Hieruit vloeien direct enige kenmerkende verschillen met kabeltransmissie naar voren.
Deze zijn :

a) Flexibiliteit bij de aanleg, de transmissiemiddelen bevinden zich alleen aan begin en eind van de verbinding.
b) Er is dus een concentratie van de transmissiemiddelen.
c) Het transmissie-foutmechanisme is totaal anders dan bij kabelverbindingen.
d) De transmissie is onderhevig aan atmosferische invloeden.
e) Direct zicht is noodzakelijk tussen de stations. Afhankelijk van SV-torenhoogte en bebouwing leidt dit tot een "hop"-lengte van maximaal 40-50 km.
f) Er wordt gebruik gemaakt van het radiospectrum, dit is echter schaars en moet met anderen worden gedeeld.

Als we deze punten overzien, vooral a en b in aanmerking nemende, leidt dit er toe dat radiotransmissie vaak een economisch voordeel oplevert boven draadgebonden systemen. Daar, zie punt c, de foutenoorzaken geheel anders liggen dan bij een kabelverbinding, is het voor de administraties vaak aantrekkelijk om beide wijzen van transmissie, parallel te bedrijven (50% radio, 50% kabel).

Van uitzonderlijk belang zijn voor straalverbindingen in de vrije ruimte de punten d tot f, atmosferische beïnvloeding van de transmissie en het efficiënt gebruik van het radiospectrum.

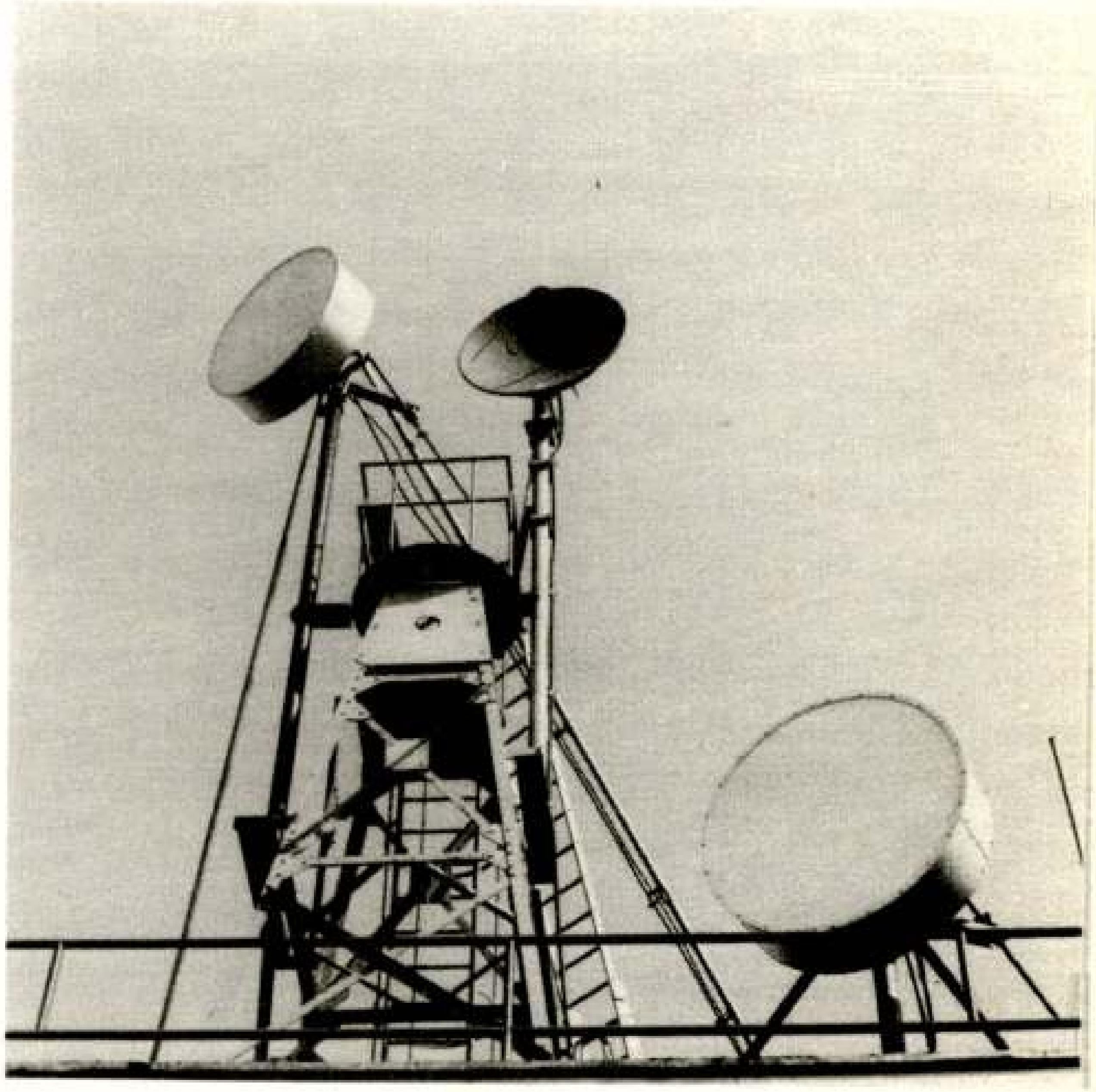


Foto 1: Antennes (links boven en rechts onder) van de PTT-PTI veldproef op 18 GHz. In 't midden een 13 GHz antenne.

Tot nog toe is niet specifiek gesproken over digitale radio transmissie. Door de opkomst van de digitale netten in de verschillende landen werd digitale transmissie over radio noodzakelijk. Transport van digitale signalen wordt gekenmerkt door het uitzenden van tekens met een vaste regelmaat. Dit basisritme of wel klokfrequentie is essentieel voor een digitaal systeem. Is de klokfrequentie en -phase bij ontvangst bekend, dan kan de beslissing welk teken ontvangen is door keuze van het juiste detectiemoment met grote zekerheid worden genomen.

Bij het overzenden van tweewaardige (binaire) tekens is de detectie zeer eenduidig en eenvoudig, indien meerwaardige tekens per tekenduur worden getransporteerd wordt de beslissing moeilijker en is kans op storing groter. In de volgende paragraaf wordt hier nader op ingegaan.

Een moeilijkheid bij digitale transmissie is dat meestal de over te dragen bandbreedte van het (binaire) basissignaal veel groter is dan in de "analoge" situatie. Het gestandaardiseerde 64 kbit/s telefoniekanaal heeft nu eenmaal ca. 8x zoveel bandbreedte nodig als een analoog 4 kHz telefoniesignaal.

2. DIGITALE MODULATIEMETHODEN

In verband met een efficiënt gebruik van het radiospectrum is deze grote bandbreedte van het basisbandsignaal een probleem bij digitale radio transmissie en noodzaakt een weloverwogen keuze van de modulatie methode. De basisband signalen, die uit reeksen enen en nullen bestaan, moeten namelijk op een draaggolf geënt worden om radio transmissie mogelijk te maken. Dit proces heet moduleren. Digitale transmissie is in zijn oervorm erg eenvoudig, de draaggolf wordt door de binnenkomende tekens steeds aan of uit gezet (tabel 1, lijn 1). Deze AM modulatie werd in de begintijd van de radio (omstreeks 1900) dan ook veel toegepast en wordt nu ook weer gebruikt bij digitale transmissie over glasvezel !

Bij AM modulatie is de benodigde bandbreedte nogal groot. Voor transport van 34 Mbit/s (dit zijn 480 telefoniekanalen) is nl. een totale bandbreedte van 34 MHz nodig, nog afgezien van de bandbreedte die verloren gaat aan de noodzakelijke filtersnijruimte.

Een proces dat qua SHF zendtechniek veel makkelijker ligt is de phase modulatie, het vermogen van de draaggolf hoeft dan niet gevarieerd te worden, doch alleen de phase. Dit lijkt veel op de FM modulatie toegepast bij analoge transmissie. nu wordt echter van bit tot bit de phase van de draaggolf min of meer geleidelijk tussen twee waarden heen en weer geschakeld.

Er is echter geen winst in bandbreedte t.o.v. AM modulatie. Voor deze phase modulatie is een phase modulator circuit noodzakelijk dat bij voorbeeld in stand 0 geen phaseverschuiving geeft, en bij stand 1, 180^0 phaseverschuiving (2-phase modulatie zie tabel 1, lijn 2). Dit grote verschil in phase is aan de ontvangzijde zeer goed te detecteren met een phase detector, mits men over een referentie signaal beschikt. Dit referentie signaal wordt meestal door de ontvanger uit het ontvangen signaal afgeleid. De draaggolfregeneratie circuits die dit proces uitvoeren zijn daarom zeer essentieel voor goede ontvangst. De detectie met behulp van zo'n referentie signaal noemen we coherente detectie.

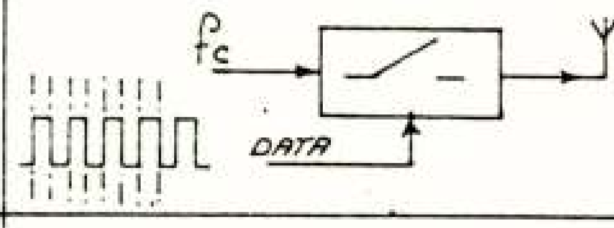
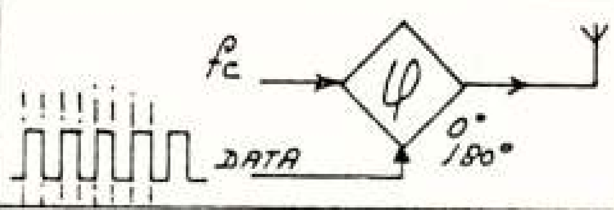
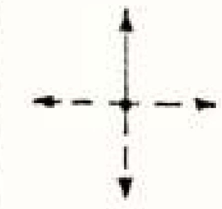
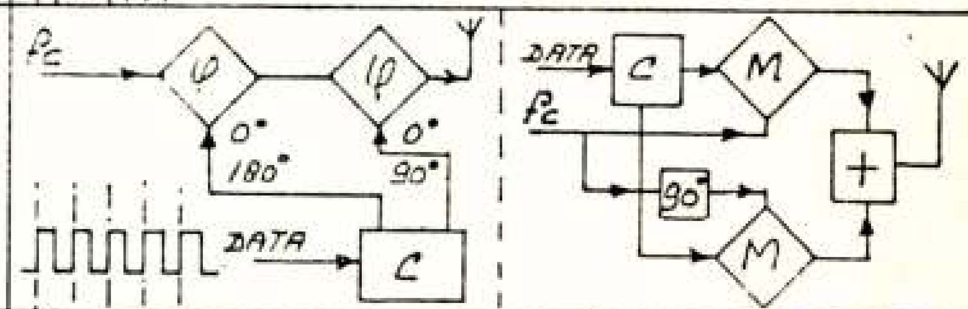
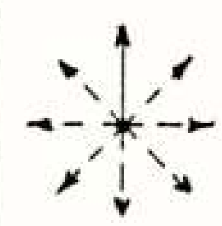
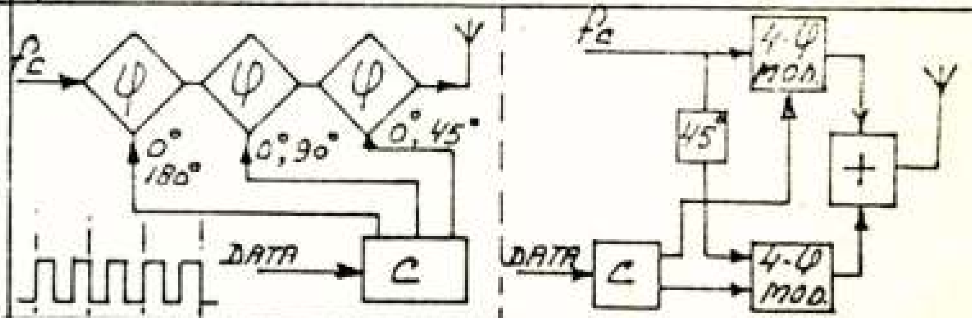
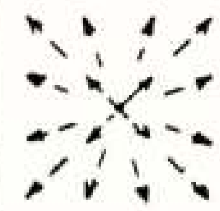
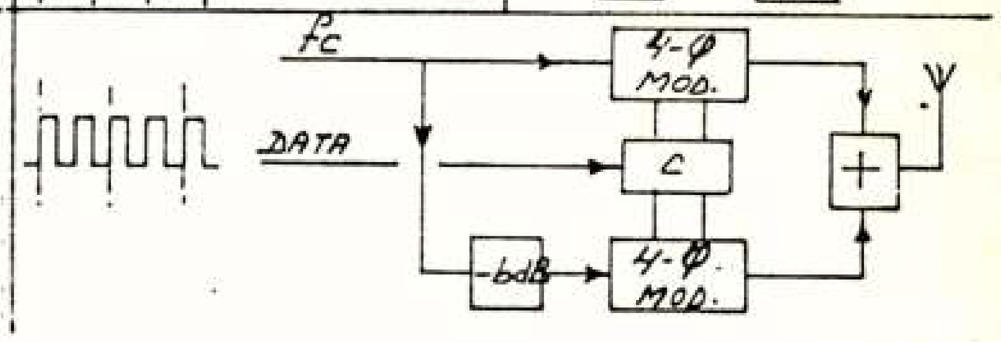
Uit tabel 1 kan opgemaakt worden dat bij 2-phase detectie de eindpunten van de te detecteren spanningsvectoren een factor twee verder uit elkaar liggen dan bij AM detectie. Dit betekent dat het zendvermogen ca. 6 dB lager gekozen kan worden bij dezelfde detectiefoutenkans.

Het volgende gedachtenexperiment maakt duidelijk dat het nog efficiënter kan.

Bouwen we een tweede zend/ontvangketen, die parallel aan de eerste ook met 2-phase modulatie wordt bedreven, dan kunnen we de dubbele hoeveelheid bit/s overdragen, doch dit kost totaal 2x zoveel vermogen en 2x zoveel bandbreedte. Gebruiken we nu als tweede draaggolf een draaggolf die dezelfde frequentie heeft en 90^0 in phase verschoven is met de eerste, dan kan wegens de orthogonaliteit van beide draaggolven, één ontvanger beide signalen onafhankelijk detecteren. De bandbreedte benodigd voor transport is dus gehalveerd. De zender kan beide signalen tegelijkertijd uitzenden, zie het tweede blokschema op lijn 3. Voor 34 Mbit/s transmissie is nu minimaal 17 MHz bandbreedte nodig.

Bezien we het vectorplaatje van lijn 3 (tabel 1) dan wordt duidelijk dat er nu vier phase posities in het spel zijn, de modulatie methode wordt dan ook 4-phase modulatie genoemd.

In plaats van twee parallele bi-phase modulatoren kan men ook een serieschakeling van een 180^0 phasedraaier en een 90^0 phasedraaier gebruiken, dit levert hetzelfde resultaat (eerste blokschema van lijn 3). Bij N=4 phase posities, worden per phaseslag 2 dibits overgedragen (omdat er 4 verschillende combinaties van 2 bits zijn), dit

Mod. Methode	Bandbreedte (B=bit-snelheid)	Bit/Hz	Zendvermogen (dB t.o.v. 2-PHASE)	Vector representatie	Blokschema modulator (f_c = draaggolf of middenfrequentie) c = coder
1. AM (aan-uit)	B	1	+6,5		
2. 2-PHASE	B	1	0		
3. 4-PHASE	$\frac{1}{2}$B	2	0		
4. 8-PHASE	$\frac{1}{3}$B	3	+3,5		
5. 16-QAM	$\frac{1}{4}$B	4	+4		

Tabel 1. Digitale Modulatie Methoden

geeft de reeds genoemde 100% toename van de bitstroom per sec.

Algemeen kan bewezen worden dat bij detectie per bit deze 4-phase modulatie met het laagste zendvermogen uitkomt, vergeleken met 2-phase of phase modulatie met N > 4. Men kan ook zeggen dat de 4-phase modulatie het best bestand is tegen stoorsignalen (ruis of nevenkanaalstoring).

Daar men ernaar streeft om zo veel mogelijk data (= telefoniekanalen o.a.) per beschikbare frequentieband over te dragen, gaat men in bepaalde gevallen, ondanks de noodzakelijke verhoging van het zendvermogen, toch over naar digitale modulatie met nog meer standen (mogelijkheden per teken).

Gebruiken we een phase modulator met N=8 standen, dan kunnen er 3 dibits per slag overgedragen worden, bij N=16 worden dit er 4 ($^2\log N$). Er is bij N=8 echter meer zendvermogen nodig (3,5 dB) omdat de afstand tussen de verschillende vectoren afneemt en er meer kans op fouten ontstaat (tabel 1, lijn 4).

Bij N=16 neemt het vereiste zendvermogen nog meer toe (8 dB), men gaat dan over tot het toevoegen van amplitude modulatie : 16-QAM (lijn 5 van tabel 1).

Door de betere verdeling van de vector eindpunten t.o.v. elkaar bij 16-QAM is slechts 4 dB meer vermogen nodig. Hier staat wel tegenover dat nu een lineaire zenderversterker gebruikt moet worden, daar ook de amplitude modulatie getrouw moet worden doorgegeven. De lineariteitseisen zijn veel lager in de andere gevallen.

Algemeen geldt dat de kwaliteit van de klok- en draaggolfregeneratie circuits opgevoerd moet worden bij meer niveau modulatie systemen. Dit stelt ook een praktische grens aan het al maar opvoeren van het aantal niveau's. De gevoeligheid van 16-QAM voor klokjitter en looptijdvariatie t.o.v. 4-phase modulatie verschilt vele dB's.

3. ZENDERS EN ONTVANGERS

In het kader van deze lezing kan niet diep op de zend-/ontvangtechniek worden ingegaan, enige algemene punten moeten echter wel aangeroerd worden.

Het gemoduleerde signaal kan opgewekt worden door de modulator in middenfrequent ligging (bijv. 70 of 140 MHz) of direct op de uitgangsfrequentie.

In het eerste geval, dus bij indirecte modulatie is conversie naar de draaggolf frequentie noodzakelijk. Dit gebeurt in de up-converter, waarna versterking en filtering volgt. Bij meer level systemen (N>4) wordt meestal indirecte modulatie toegepast. Directe modulatie kan heel goed bij 4-phase modulatie worden toegepast (de verliezen in de SHF phase modulatoren blijven dan beperkt). De totale apparatuurkosten en het opgenomen vermogen zijn lager dan bij indirecte modulatie. In dit geval is geen up-converter nodig, wel eindversterking als het afgegeven vermogen groter dan 100 mW is.

De ontvanger beschikt over een zeer groot A.V.R. bereik (40-50 dB) om fading tijdens bedrijf op te vangen.
Demodulatie vindt altijd op de middenfrequentie plaats.

Zoals reeds duidelijk is geworden zijn de klok en draaggolf regeneratoren belangrijke onderdelen van de ontvanger. Hierin worden veel phase regellussen toegepast.

Daar het terugwinnen van de absolute phase van de draaggolf niet mogelijk is, doch wel modulo $\frac{2\pi}{N}$ radialen, worden de digitale bitstromen differentieel gecodeerd, dat wil zeggen dat een teken voorgesteld wordt door een phase variatie en niet door de absolute phase. Deze phaseslagen zijn door de ontvanger eenduidig vast te stellen. Voordat de datastroom de eigenlijke modulator bereikt worden de signalen gescrambled, d.w.z. de volgorde van de tekens wordt meer willekeurig gemaakt. Dit voorkomt het ontstaan van specifieke (eenvoudige) datapatronen, die moeilijkheden bij klok en draaggolfregeneratie kunnen opleveren.

De ontvanger voert na detectie weer een de-scrambling uit.

Een voorbeeld van een rek met 4 zendontvangers plus multiplex apparatuur geeft foto 2. Meer over zend/ontvangers is te vinden in lit. 3) en 4).

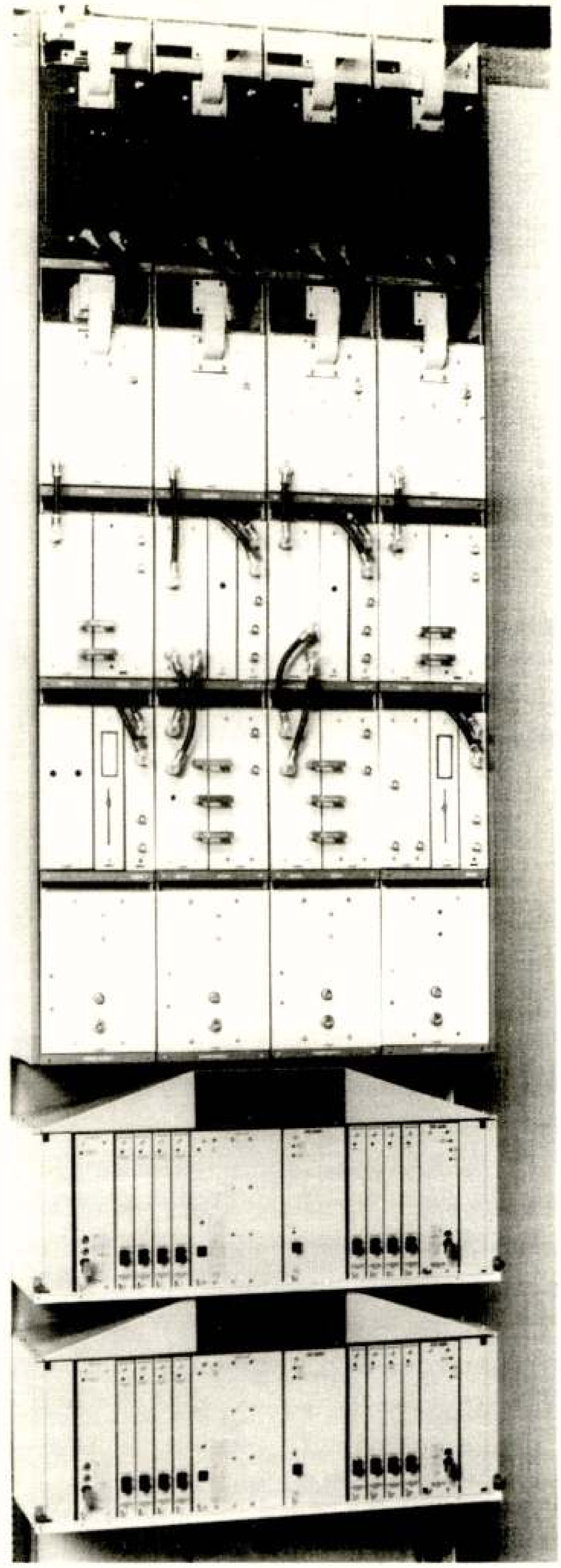


Foto 2: Prototype digitale straalverbindingsapparatuur 13 GHz, 34 Mbit/s. Op het rek 4 zendontvangers met 34 Mbit/s multiplex.

4. GEBRUIKTE FREQUENTIEBANDEN

Om een goede bundel(straal) te verkrijgen met redelijke antenne afmetingen kunnen de draaggolf frequenties niet te laag worden gekozen, er is daar ook geen spectrum gereserveerd.

Bij ca. 2 GHz ligt de eerste band, vervolgens rond de 4 GHz, 6-8 GHz, 11 GHz, 13, 15 en 19. De breedte van deze banden is minimum 200 MHz (bij de lage frequenties) en loopt op tot 2 GHz bij 19 GHz. Door het gebruik van het spectrum door andere diensten (de slok-op radar bijv.) liggen deze banden zo verspreid over het spectrum. In veel gevallen wordt elke frequentie twee keer benut door met twee verschillende E.M. polarisaties uit te zenden.

Een straalzenderantenne kan minstens een hele frequentieband verwerken, er wordt dus één antenne voor meerdere zend/ontvangers gebruikt (bijv. 8+8).

4.1 Frequentiebanden boven 11 GHz

Daar de banden onder ca. 11 GHz reeds bezet zijn door analoge (FM)straalzenders, werd in eerste instantie alleen naar toepassingsmogelijkheden boven de 11 GHz gezocht voor digitale transmissie. Om redenen van minimum zendvermogen (moeilijkheden met het opwekken van hoge frequenties) is boven 11 GHz de meest gebruikte modulatiemethode de 4-phase methode, waarbij de directe modulatie (dus zonder gebruik te maken van een zendmiddenfrequentie) van voordeel is. Afhankelijk van de beschikbare bandbreedte kan men nu 8, 34, 2x34, 140 of 2x140 Mbit/s transporteren. Dit zijn de door CCITT/CEPT gestandaardiseerde bitsnelheden zodat aansluiting aan de kabeltransmissie verzekerd is.

Nu zijn internationaal door de CCIR de frequentiebanden en het aantal kanalen in de band precies vastgelegd. De kanaalbreedte was vaak al vóór de start van digitale radio transmissie vastgelegd, zeker bij de lagere frequenties, zodat de standaard bitsnelheden na modulatie niet noodzakelijkerwijs in het kanaal passen vandaar dat men soms 2x34 Mbit/s of 2x140 Mbit/s toepast, om een goede vulling te krijgen. Dit zijn dan onafhankelijke kanalen.

Een globaal overzicht wordt in tabel 2 gegeven. De transmissie boven ca. 11 GHz wordt beheerst door de optredende regendemping. Daardoor kunnen meestal geen grotere afstanden dan ca. 20 km worden overbrugd. Dit hangt natuurlijk van het klimaat af. Aan de Rivièra zijn de hevige regenbuien veel intensiever dan in de noordelijke landen, waar eigenlijk alleen de stortregens bij locale onweersbuien meer dan 30 dB demping op het traject veroorzaken.

De regendemping neemt zeer sterk toe als functie van de frequentie. De effecten zijn bij 19 GHz dan ook groot, de maximale afstand is in Nederland dan zo'n 8-10 km.

Propagatie en transmissiestudies op de frequenties boven 10 GHz vinden momenteel in veel landen plaats om de bruikbaarheid en de beschikbaarheid van deze systemen vast te stellen.

Tabel 2

Overzicht Frequentiebanden en Modulatie Methoden (Europa)

Globale band-aanduiding GHz	Breedte per band MHz	Aantal kanalen per band	Kanaal-afstand MHz	In gebruik door analoge FM	Digitale modulatie methode	Bit rate Mbit/s	Propagatie eigenschappen
2 GHz,4 banden	200	12	14	X	4-ϕ	2/8/34	
4 GHz	400	12	29	X	8-ϕ,16-QAM	2x34/140	Meerweg fading
6 GHz,2 banden	500 680	16 16	29 40	X	8-ϕ 16-QAM	2x34 140	Hoplengte $\sim$40 km
7 GHz	300	6	49		4-ϕ	2x34	
8 GHz	550	16	29	X	8-ϕ	2x34	
11 GHz	1000	16 of 12 of 24	60 67 40		8-ϕ 4-ϕ 16-QAM	140 140 140	
13 GHz	500	16	28	X	4-ϕ	34 2x34	Hoplengte $\leq$ 20 km
15 GHz	200	16	14		4-ϕ	2/8/34	Regendemping
19 GHz	2000	8 of 16 of 70	220 110 27,5		4-ϕ	2x140 140 34	

Opmerking : De basiskanaalindeling is gegeven. Indien noodzakelijk i.v.m. de bitsnelheid wordt n x de kanaalafstand toegepast. Vaak worden beide polarisaties gebruikt. Een heen en terug circuit heeft 2 kanalen nodig.

4.2 Frequenties beneden de 11 GHz

Zoals uit het voorgaande volgt, kunnen straalverbindingen die werken in de hoge frequentiebanden, niet de grote hopafstand halen die onder de 11 GHz mogelijk is en waar de huidige infrastructuur van het landelijk net met S.V. torens, zo'n 40 tot 50 km uit elkaar, op gebaseerd is. Voor het langere afstand verkeer is het dus aantrekkelijk om van de lagere frequenties gebruik te maken. Dit, tesamen met de noodzaak tot uitbreiding van het digitale net gaf de stoot tot introductie van digitale transmissie in de lagere banden. In Frankrijk is dit momenteel in volle gang.[1] Andere Europese landen zullen volgen.
Er ontstaan nu twee problemen :

a) De coëxistentie van analoge en digitale S.V. kanalen
De digitale kanalen storen meestal de analoge het meest, zodat stringente kanaalselectiviteitseisen voor de digitale zenders noodzakelijk zijn.
Dit is het beste op te lossen door aan de zendzijde op een middenfrequentie (bijv. 70 of 140 MHz) het signaal te moduleren en te filteren. Om het aantal kanalen ongeveer gelijk te houden aan het aantal analoge telefoniekanalen en toch de band te begrenzen past men 8-phase modulatie toe. In plaats van bijv. 1260 analoge telefoniekanalen kunnen dan 960 digitale telefoniekanalen overgedragen worden.

Toepassing van 16-QAM zal deze verhouding verbeteren, doch deze modulatie methode verkeert nu nog in de ontwikkelingsfase.

Men benodigt nu weliswaar meer zendvermogen, en ook meer-lineaire zenders, maar dit is bij deze frequenties met halfgeleiders wel te realiseren.

In tabel 2 is een globaal overzicht van de situatie gegeven.

b) Propagatieproblemen
Regendemping vormt onder de 10 GHz geen probleem, doch bij langere hops treedt het effect van meerwegpropagatie op. Dit houdt in dat één of meerdere vertraagde signalen de ontvangantenne bereiken, tesamen met het direct-zicht signaal. Afhankelijk van de tijdvertraging en onderlinge amplitude kan dit leiden tot foutieve bitdetectie en zelfs tot geheel uitdoven van het signaal. Men benodigt nu ontvangst diversity door het gewenste signaal met twee antennes die ruimtelijk gescheiden zijn, op te vangen. Het is gebleken dat dit echter niet voldoende is, en dat ook adaptieve kanaalegalisatie noodzakelijk is om de overdrachtskarakteris-

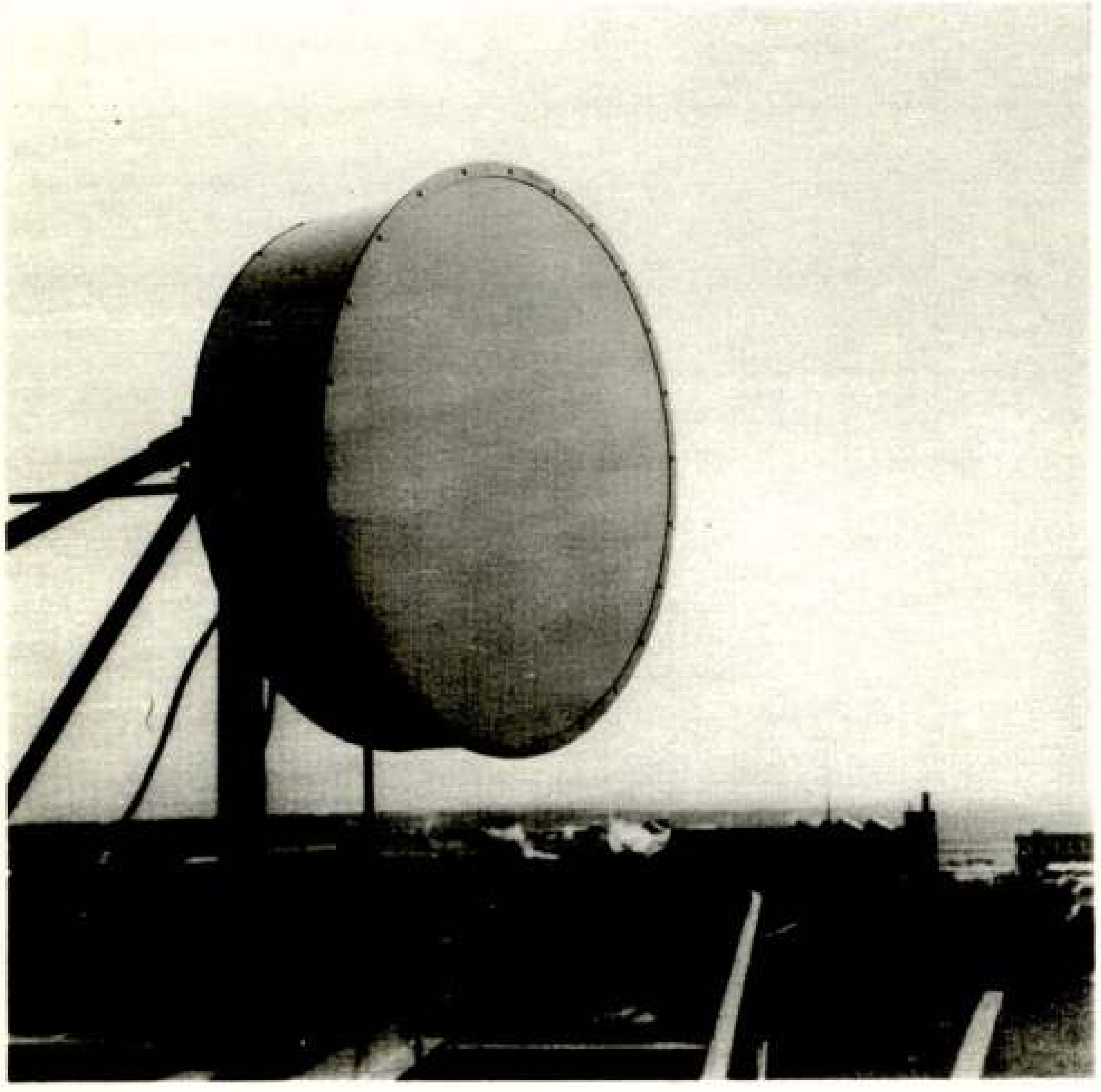


Foto 3: Antenne 18 GHz.

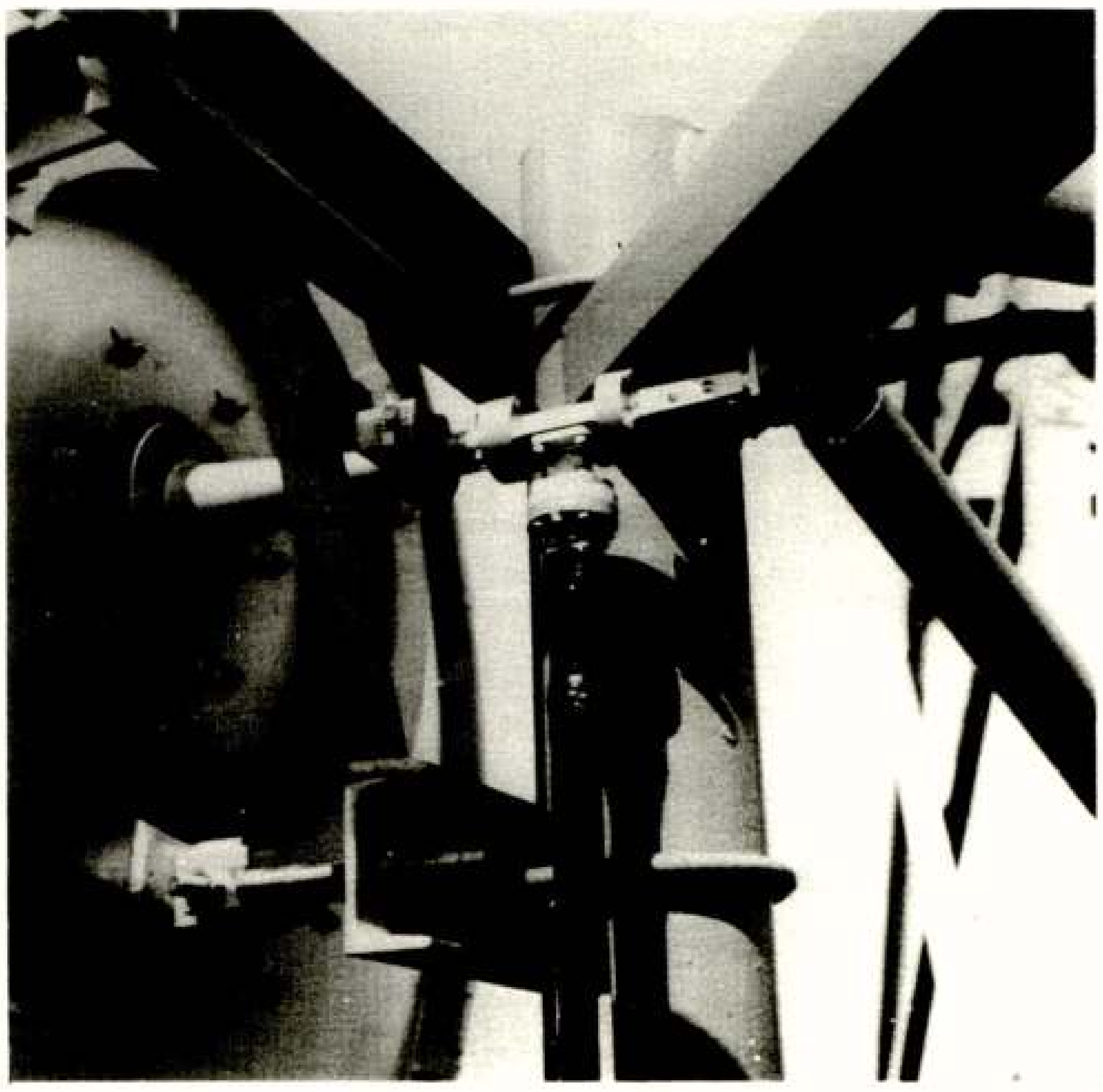


Foto 4: Achteraanzicht 18 GHz antenne, duidelijk is de inkoppeling van het horizontaal en verticaal gepolariseerde kanaal te zien.

tiek op peil te houden. Indien multi-level modulatie methoden zoals 8-phase en 16-QAM worden toegepast zijn de eisen gesteld aan deze automatische egalisatoren zeer hoog en vormen momenteel onderwerp van studie.

5. TRANSMISSIEBEWAKING (SUPERVISIE)

Er zijn twee methoden om de kwaliteit van de transmissie tijdens bedrijf te bewaken, nml. bit-insertie en draaggolfsubmodulatie. Bij de bit-insertie methode voegt men additionele bits toe (bijv. 1 op de 31) die het gehele transmissiepad doorlopen en een zeer goede bewakingsmogelijkheid scheppen. Daartoe wordt een "radio frame" gecreëerd, waarbij het mogelijk is de plaats van deze controle bits vast te leggen en de fouten in deze bits te tellen. De bitsnelheid over de transmissieweg is dan enige procenten hoger dan die van de toegevoerde bitstroom. Dit geeft geen problemen bij de transmissie.

Op de relaisstations wordt deze verhoogde bitstroom ongewijzigd doorgegeven, na ontvangst in het eindstation en detectie worden ze verwijderd en wordt de originele bitsnelheid hersteld. Dit is eenvoudig omdat er een vaste, rationele verhouding is tussen beide bitsnelheden. Tevens is het mogelijk vele dienstkanalen over te brengen. [5])

Een eenvoudige, tweede, supervisiemethode is die waarbij de draaggolf gemoduleerd wordt met een laagfrequent signaal. Dit is mogelijk door de locale oscillatoren in phase te moduleren, bijv. tot 12 kHz. Deze additionele phase modulatie wordt door de draaggolfregeneratoren in de ontvangers weggeregeld, zodat in het gedetecteerde signaal deze ongewenste modulatie niet meer aanwezig is. Het regelsignaal van de draaggolfregeneratoren is dan een afbeelding van de oorspronkelijke sub-modulatie. Deze methode bewaakt echter alleen de "analoge gedeelten" van de verbinding (per hop).

6. DIGITAAL STRAALZENDEREXPERIMENT OP 18 GHz

Als illustratie van digitale S.V. techniek op 18 GHz volgt een korte beschrijving van het gezamenlijke PTT-PTI experiment, dat nu enige jaren in bedrijf is. Het betreft de transmissie van 2x140 Mbit/s op ca. 18 GHz. Voor nadere details zie 2).

Foto 5 geeft de situering van de veld-

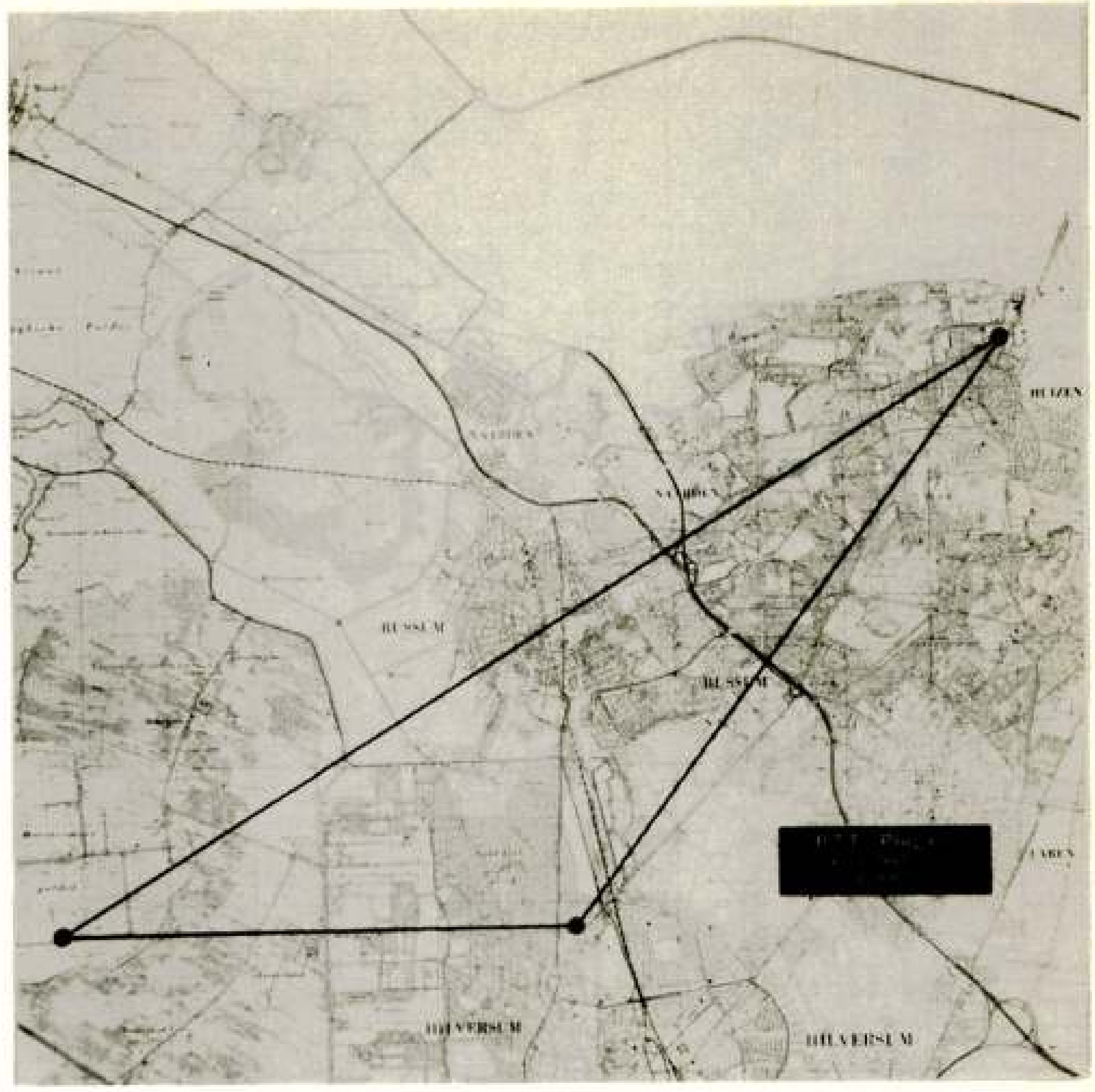


Foto 5: Situering straalverbindingsproeftrajecten 18 GHz, 2x140 Mbit/s. Hilversum-Huizen-Nederhorst den Berg.

proef. De trajecten zijn respectievelijk 6,6; 8,5 en 13,5 km lang en verbinden de locaties Nederhorst den Berg (PTT-NERA), S.V. toren Hilversum (PTT) en PTI vestiging Huizen. Er wordt op beide polarisaties gezonden en ontvangen.

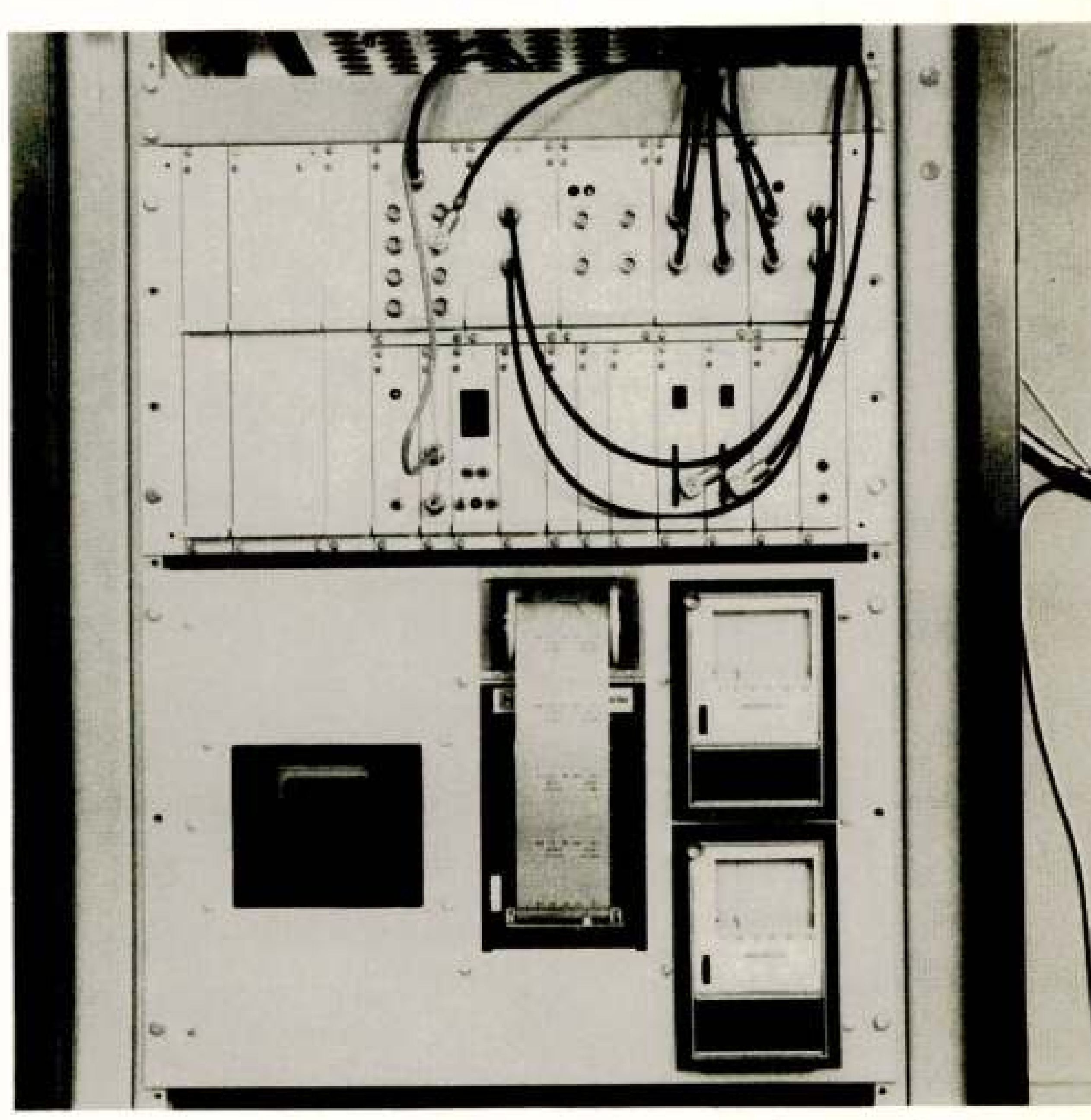


Foto 6: Test generator 140 Mbit/s en foutdetector. Digitale registratieapparatuur gecombineerd met printer en twee analoge schrijvers (fading horizontaal en verticaal).

De 18 GHz antennes op de fabriek te Huizen zijn te zien op foto 1, meer in detail op foto 3 en 4.

Het doel van deze proef is de bruikbaarheid van 18 GHz transmissie te testen in het Nederlandse klimaat, en de maximum hoplengte te bepalen die mogelijk is. Daartoe zal de proef een periode van minstens vier jaar duren.

Een overzicht van de zend/ontvangapparatuur tesamen met de registratie-apparatuur opgesteld te PTI Huizen, geeft foto 7. Links de bitfouten registratie apparatuur door het Dr. Neher Laboratorium gebouwd (meer in detail op foto 6), in 't midden de twee zend/ontvangcombinaties (in de rechter kolom) en rechts de coderings en alarmapparatuur (detail van een 2x140 Mbit/s coder op foto 8) met de datalogger voor registratie van het gedrag van alle apparatuur.

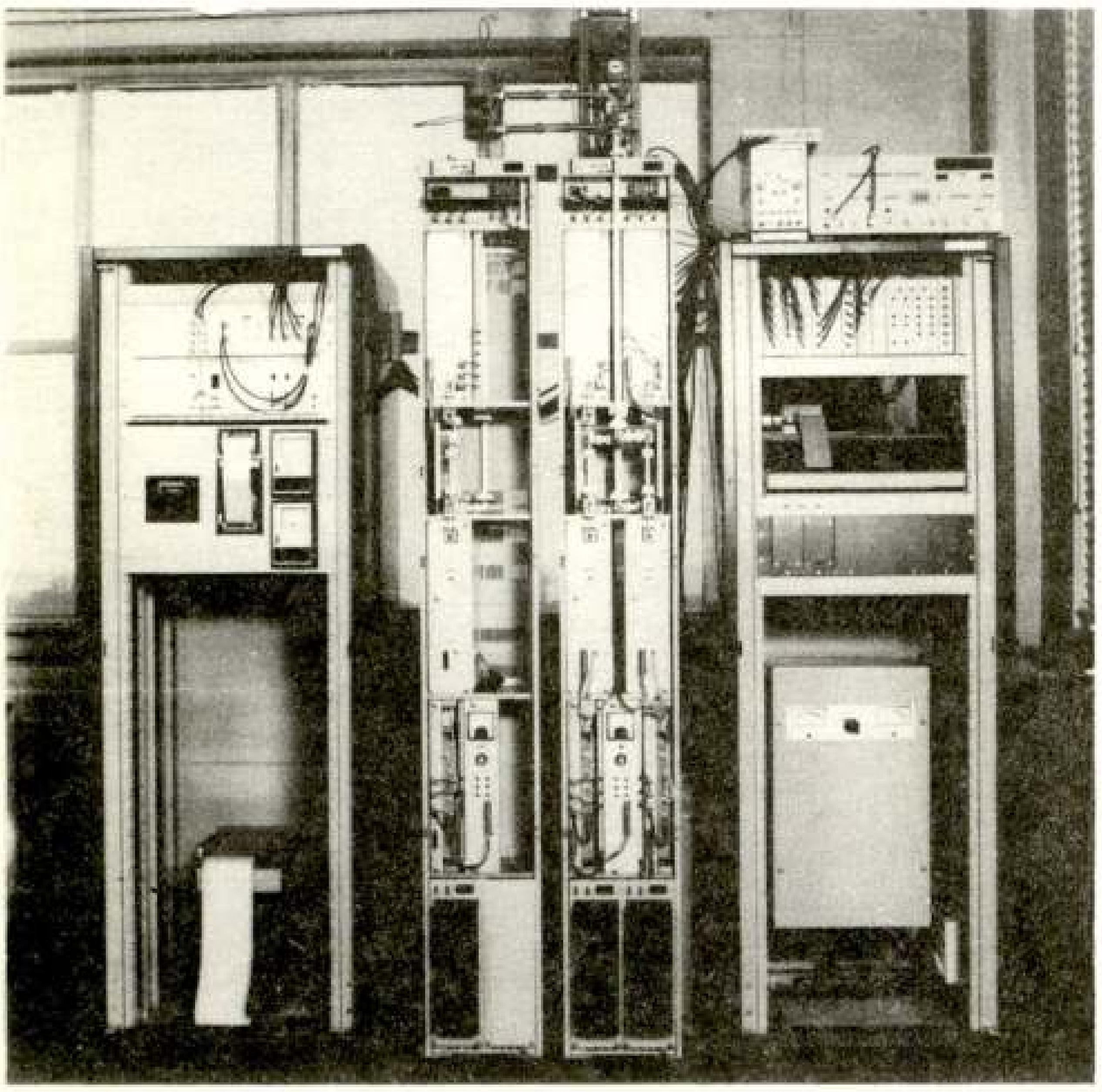


Foto 7: Zendontvangapparatuur 18 GHz met bitfouten meetapparatuur en bewakingsapparatuur.

7. LITERATUUR

1) Communication at Transmission, Vol. 2, No. 3, September 1980, pag. 5-102. (Geeft een overzicht van de S.V. apparatuur in het Franse digitale radio netwerk).

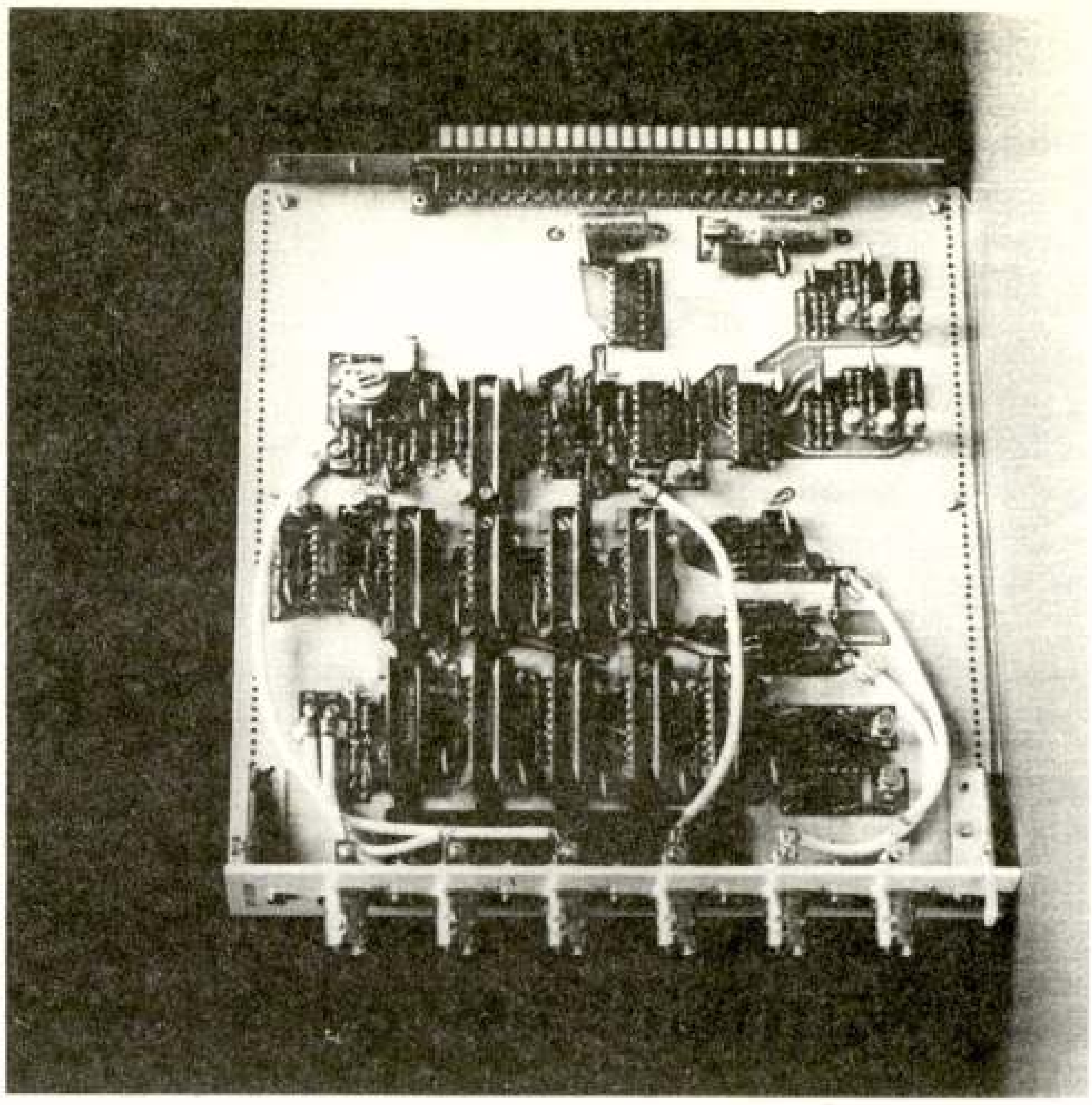


Foto 8: Differentiële coder 2x140 Mbit/s.

2) The Transmission of 280 Mbit/s signals in the 18 GHz Radio Relay Experiment in the Netherlands. M.A. Reinders, H.G.W. van der Steen, M. Kunst, J. Noordanus. Proceedings of the 1980 International Zurich Seminar on Digital Communications. IEEE Catalog No. 80CH1521-4 COM. Pag. D8.1-D8.6, March 1980.
3) Developments in digital radio link equipment. M. Kunst, J. Noordanus. Philips Telecommunication Review, Vol. 35, No. 3, pag. 134-145, Sept. 1977.
4) Toepassing van hybride microgolfintegratietechnieken in digitale straalverbindingsapparatuur op 13 GHz. J. Noordanus, Tijdschrift van het N.E.R.G., deel 43, nr. 2/3 1978, pag. 35-38.
5) End to end supervision of digital radio relay sections by synchronous bit insertion with per hop bit error rate measurement and service channel facilities. J. Noordanus, K. Everaarts. Proceedings of the 1980 International Zurich Seminar on Digital Communications. IEEE Catalog No. 80CH1521-4 COM. Pag. C3.1-C3.5, March 1980.
6) Digital radio its time has come. N.F. Dinn. (Situatie in de U.S.A.). IEEE Communications Magazine, Vol. 18, No. 6, November 1980, pag. 6-12.

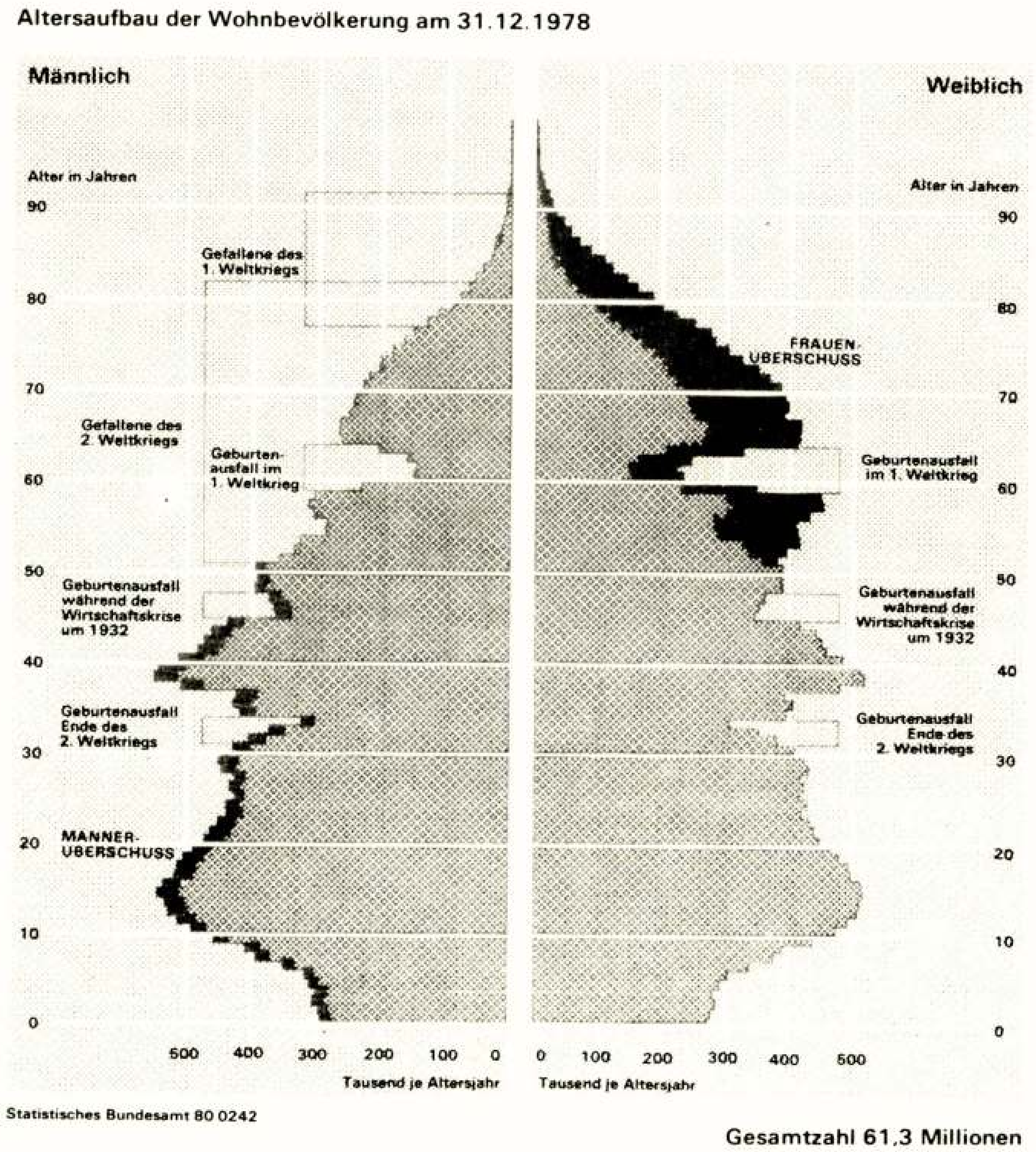
Voordracht gehouden op de 297e werkvergadering; zie pag. 103

EUREL

Eurel is een samenwerkingsverband op federatieve basis van een aantal West-Europese ingenieursverenigingen. Namens Nederland participeren het NERG en het KIVI in Eurel. De volgende landen zijn bij Eurel aangesloten: België, Zwitserland, Duitsland, Frankrijk, U.K., Italië, Spanje, Nederland en de Scandinavische landen. De belangrijkste doelstelling van Eurel bestaat in het uitwisselen van informatie tussen de participanten en de bevordering van multilaterale samenwerking. Wat dit laatste aspect betreft, betekent dit in concreto dat Eurel samen met IEEE de bekende Eurocon-conferenties organiseert. De Eurocon-conferentie 1982 zal gehouden worden in Kopenhagen en heeft als onderwerp "Reliability in Electrical en Electronic Components and Systems". Eurocon-84 zal gaan over een onderwerp uit de telecommunicatie.

Binnen Eurel is met name het Verband Deutscher Elektrotechniker (V.D.E.) actief. Deze vereniging verzamelt reeds gedurende een groot aantal jaren gegevens die betrekking hebben op de toekomstige behoefte aan elektrotechnische ingenieurs in de Bondsrepubliek. Een en ander is te vinden in een rapport van het V.D.E. van 1980. Uitgangspunt van deze studie is de leeftijdsopbouw van de bevolking in Duitsland, waar de laatste jaren een opvallende teruggang in het aantal geboorten te constateren valt. Een en ander valt af te lezen uit de figuur.

Hoewel wellicht niet zó pregnant kan voor Nederland ook een dergelijk verschijnsel worden waargenomen [2]. Naast de bovengenoemde teruggang in het aantal geboorten worden in de V.D.E.-studie o.a. de situatie voor elektrotechnische ingenieurs op de arbeidsmarkt, economische ontwikkelingen, technologische innovaties en studievoorkeur van aankomende studenten aan een kritisch onderzoek onderworpen. In de conclusies van de studie heeft het V.D.E. een aanleiding gevonden voor het formuleren van een ontwerpresolutie, die na goedkeuring door Eurel aan de regeringen van de West-Europese landen zou moeten worden aangeboden benevens aan de E.G.-commissie.



Altersaufbau der Wohnbevölkerung am 31. 12. 1978

Het uitgangsrapport van de ontwerpresolutie is als volgt:

"Eurel, die Vereinigung nationaler elektrotechnischer Gesellschaften Westeuropas, möchte den Regierungen der Mitgliederstaaten sowie der Kommission der Europäischen Gemeinschaft die Problematik zur Kenntnis bringen, die durch die gegenwärtige und absehbare Entwicklung auf dem Gebiet des Ingenieurnachwuchses insbesondere im Bereich der Elektrotechnik aber auch im Maschinenbau gegeben ist.

Die Ausgangssituation

Seit Ende 1979 ist erkennbar, dass in der europäischen Wirtschaft, insbesondere in den Branchen ELEKTROTECHNIK und MASCHINENBAU, unter Ingenieurmangel gelitten wird. Auf Stellenangebote gehen immer weniger Bewerbungen ein. Elektroindustrie und Maschinenbau sind stark exportorientiert. Ohne ausreichenden Ingenieurnachwuchs würden die europäischen Industrienationen ihre Positionen auf dem Weltmarkt verlieren. Ingenieurmangel ist daher zugleich ein entscheidendes volkswirtschaftliches Problem. Die japanische Herausforderung im wirtschaftlichen Bereich kan nur durch eigene Höchstleistungen der EG begegnet werden. Gerade die Elektrotechnik ist eine Wachstumsbranche und wird es bleiben. Ihr Stellenwert innerhalb der Gesamttechnik wird noch zunehmen."

Daarna volgt een uiteenzetting over mogelijke oorzaken, die toekomstige studenten ervan weerhouden een technische studie te kiezen. De uiteenzetting is enigszins toegesneden op de situatie in West-Duitsland.
De resolutie gaat dan als volgt verder:
"Bedingt durch technische Neuerungen, anspruchsvollere Aufgaben und Geschäftsexpansionen nimmt der Anteil an Ingenieuren am gesamten technischen Personal zu. Dabei haben Unternehmen aus den Branchen Grundstoffindustrie, Metall/Maschinen- und Fahrzeugbau/Elektrotechnik einen überdurchschnittlichen Zuwachs an Ingenieuren. Hinzu kommt, dass Ingenieure nicht nur in der freien Wirtschaft benötigt werden, sondern auch im öffentlichen Dienst. Schliesslich werden auch im Energiebereich mehr Ingenieure benötigt, wenn das Öl durch elektrische Energie substituiert wird.

Die Forderungen von EUREL

EUREL, als Föderation der nationalen elektrotechnischen Vereinigungen vertritt die Auffassung, dass das ingenieurwissenschaftliche Studium in den Staaten der Europäischen Gemeinschaft sowohl quantitativ als auch qualitativ gefördert werden muss. Die beste Wirtschaftsförderung ist die bestmögliche Ausbildung von Ingenieuren für die Wirtschaft.
EUREL richtet deshalb an die Regierungen der Mitgliedsstaaten und die Kommission der Europäischen Gemeinschaft den folgenden Appell:

1 Für den Beruf des Ingenieurs, insbesondere den Beruf des Elektroingenieurs, an den höheren Schulen zu werben;
2 Technikunterricht an den Schulen im Rahmen der Berufskunde einzuführen;
3 den Technikunterricht in der Lehrerausbildung zu verankern;
4 die Lehrinhalt an den Hochschulen an die Innovationen schneller anzupassen und die Ausbildungsqualität durch praxisnahe Gestaltung des Lehrangebots anzuheben;
5 keine zusätzlichen Studienplatzkapazitäten zu schaffen, sondern die vorhandenen besser zu nutzen;
6 bei der Berufung von Hochschullehrern deren Erfahrungen und Leistungen in einer mindestens 5jährigen beruflichen Praxis höher zu bewerten als Promotionen mit anschliessenden Tätigkeiten im Hochschulbereich;
7 Wissenschaft und Forschung zur Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit unserer Wirtschaft zu fördern;
8 Gezielte Öffentlichkeitsarbeit zu betreiben, in der die Bedeutung von Naturwissenschaft und Technik für die Erhaltung unseres Lebensstandards und der sozialen Sicherheit herausgestellt wird."

Een aantal landen heeft op deze ontwerpresolutie gereageerd. Met name Italië, U.K. en West-Duitsland onderschrijven de ontwerpresolutie. Het standpunt van het NERG is als volgt geformuleerd:
"In the Netherlands there is no prognosis available for the next decade. The present situation indicates that now and in the near future there is a balance between jobs and available engineers. Nevertheless we feel that the general attitude towards science and technology should be improved. Therefore we approve of the proposed recommandations with a reservation on number 6, which is not so obviously applicable in the Netherlands."

De ontwerpresolutie is nog onderwerp van discussie binnen Eurel. De aangesneden problematiek is van dien aard dat er wellicht NERG-leden zijn, die vanuit hun positie in bedrijfsleven of onderwijs een bijdrage aan de meningsvorming zouden kunnen leveren. Een brief naar het bestuur is altijd welkom. Ook deze rubriek staat open voor de leden van het genootschap.

[1] Die Elektroingenieure in der Bundesrepublik Deutschland, Studie 1980 zur Frage des Bedarfs, Verband Deutscher Elektrotechniker (V.D.E.), Eurel-Sekretariat, Stresemannallee 21, D-6000 Frankfurt/ Main 70.

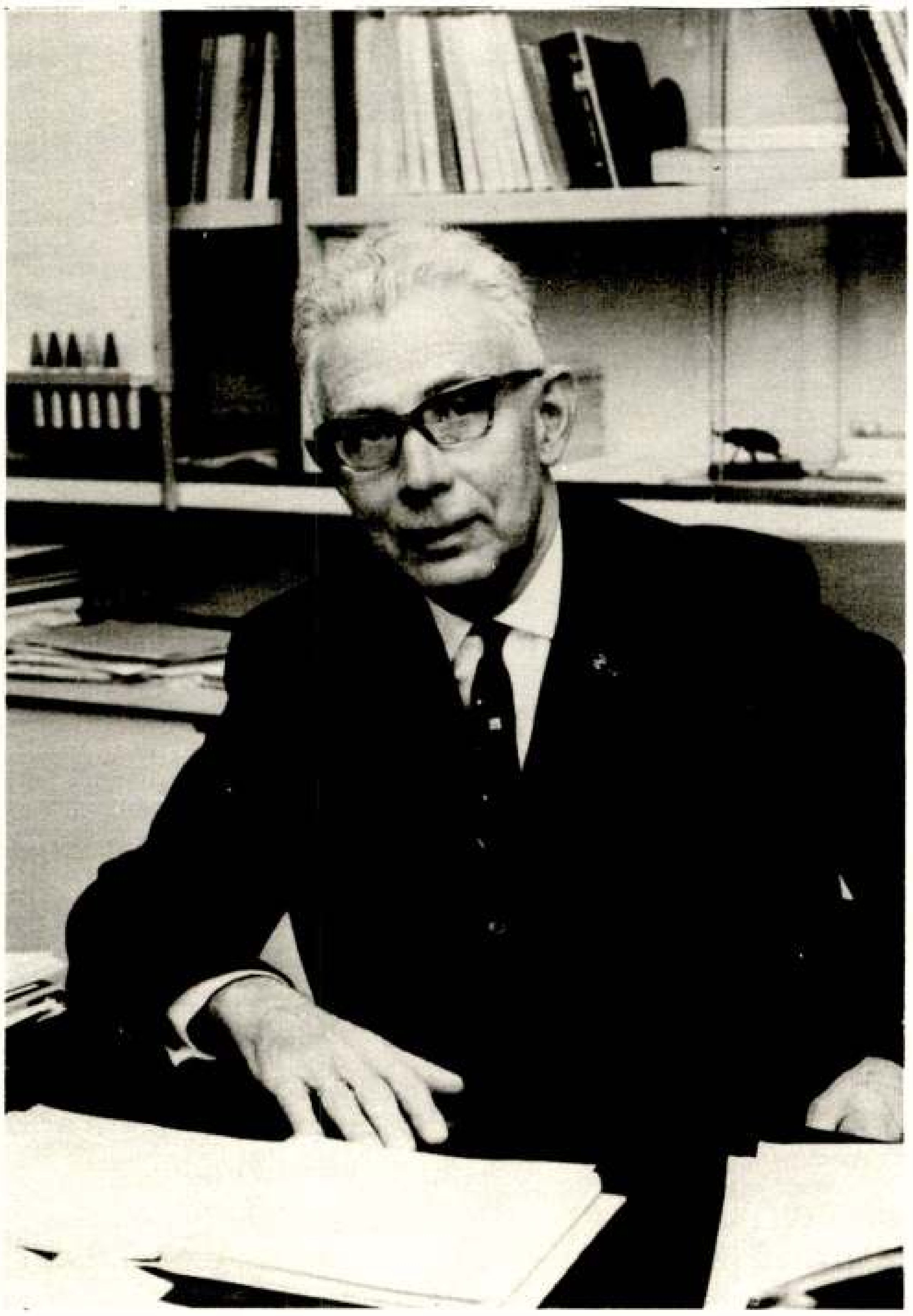
[2] Statistisch Zakboek 1980. 's Gravenhage, Staatsuitgeverij, 1980, pagina 23.

M. Jeuken

Op 26 september 1981 overleed - na een langdurige ziekte op 77 jarige leeftijd Dr.Ir. H.C.A. van Duuren, oud directeur van het Dr. Neher Laboratorium van de Nederlandse PTT te Leidschendam.

De heer Van Duuren heeft nationale en internationale vermaardheid verkregen door zijn onderzoek op het gebied van de betrouwbaarheid van radio-telegrafie communicatie, in het bijzonder op HF-radioverbindingen.

Hendrik Cornelis Anthony van Duuren werd op 24 november 1903 te 's-Gravenhage geboren. Hij studeerde aan de Technische Hogeschool te Delft, waar hem in 1926 in de afdeling Elektrotechniek het ingenieursdiploma werd uitgereikt.



In 1928 trad hij in dienst bij de Nederlandse PTT, waar hij aanvankelijk werd belast met de ontwikkeling van radio-ontvangers en later met de ontwikkeling van gehele radiocommunicatiesystemen. In 1941 promoveerde hij aan de Technische Hogeschool te Delft bij professor Dr.Ir. W.Th. Bähler, op het proefschrift "Typedruktelegrafie op radioverbindingen", dat een verhandeling bevat van het door hem ontwikkelde systeem om bij telegrafie een goede signaaloverdracht over de radioweg te waarborgen door gebruik te maken van synchrone signalen, waarbij in het geval van foutieve ontvangst de werkelijk verzonden signalen worden achterhaald door middel van automatische navraag. De werking van zulke stelsels berust op de tegenwoordig in velerlei vorm bij dataoverdracht toegepaste, fundamentele gedachte, elementen van digitaal gecodeerde berichten, vóór verzending zodanig van extra (redundante) informatie te voorzien, dat aan de ontvangzijde kan worden geconstateerd of bijvoorbeeld ten gevolge van radiostoringen een verminking van zulke elementen heeft plaatsgevonden. In welk geval automatisch een herhaal procedure in werking treed, waarbij het foutief ontvangen element opnieuw wordt verzonden. Gedurende deze tijd is dan de overdracht van nieuwe elementen onderbroken.

Hij was de auteur van diverse wetenschappelijke publikaties op het gebied van foutenbeheersing op radiografiekanalen. Als uitvinder verwierf hij meer dan 30 octrooien.

In 1954 werd Dr.Ir. Van Duuren benoemd tot directeur van het Dr. Neher Laboratorium (DNL), welke positie hij behield tot hij in 1968 het PTT-bedrijf met pensioen verliet. Als directeur van het DNL heeft hij zich doen kennen als een veelzijdig technicus, die aan een wetenschappelijke interesse ook zin voor praktische realisering paarde. Vele jongere collegae wist hij te enthousiasmeren en te stimuleren, om in het door de voortschrijdende technologie zo snel veranderende telecommunicatiegebied een goede ontwikkelingsbijdrage te leveren.

In de periode vanaf 1937 heeft Dr.Ir. Van Duuren een werkzaam aandeel gehad in diverse ITU-conferenties. In 1947 werd hij verkozen tot voorzitter van Studiecommissie III van het Internationale Adviesorgaan voor Radiocommunicatie (CCIR). Deze studiecommissie hield zich bezig met systemen op vaste verbindingen en de communicatietheorie. Onder zijn voorzitterschap (1948-1970) kwamen een aantal aanbevelingen tot stand met betrekking tot antennes, radiotelefonie, radiotelegrafie en facsimile-overdracht.

In 1979 behoorde hij tot de voornaamste radiodeskundigen, die te Kyoto door het CCIR met een diploma werden geëerd ter gelegenheid van het 50-jarig bestaan van dit Internationale Raadgevende orgaan op het gebied van de radiocommunicatie.

VARIA

"De Toekomst van de Elektrotechniek in Nederland"

Het colloquium van de afdeling der Elektrotechniek van de TH Delft organiseert een serie lezingen over het onderwerp "De toekomst van de Elektrotechniek in Nederland".

In het kader van deze serie lezingen zullen onderstaande personen een voordracht houden.

J.Schoonenberg, direkteur Data Processing International Operations (DPIO), IBM Uithoorn.
Dinsdag 16 februari 1982, om 14.oo uur.
Titel: "Computing Systems ter ondersteuning van de eigen organisatie in Europa".

en

Dr.Ir. K. Teer, N.V.Philips Gloeilampenfabrieken, Nat. Lab. Eindhoven.
Dinsdag 6 april 1982, om 14.oo uur.
Titel: Research t.b.v. elektronische informatiesystemen.

Beide voordrachten worden gehouden in het gebouw voor Elektrotechniek, TH Delft, Mekelweg 4, Delft. Belangstellenden zijn van harte welkom. Nadere informatie kan worden verkregen bij Erika van Verseveld, TH Delft, Afdeling der Elektrotechniek, Mekelweg 4, 2628CD Delft, Tel. 015-786234.

Symposium over Informatietheorie

Op 21 en 22 mei 1981 is in het Cityhotel te Zoetermeer het Tweede Symposium over Informatietheorie in de Benelux gehouden. Het aantal deelnemers was ongeveer 40. De organisatiecommissie van dit symposium was als volgt samengesteld:

Prof.ir. IJ. Boxma (TH-Delft)
Prof.ir. E.W. Gröneveld (TH-Twente)
Prof.dr.E.C. van der Meulen (K.U.-Leuven)
Prof.dr.ir. J.P.M. Schalkwijk (TH-Eindhoven)

Het symposium is bedoeld als jaarlijkse ontmoeting van de beoefenaren van de informatietheorie. Behalve voor voordrachten, waarvan de inhoud in een boekje is vastgelegd, wordt dan ook tijd ingeruimd voor onderlinge contacten tijdens koffie- en thepauzes, de lunches en het diner op de eerste dag, terwijl ook een impromptu-bijeenkomst op de avond van 21 mei is gehouden. Het symposium heeft geheel aan de verwachting beantwoord.

T .. s de bijeenkomst is besloten een werkgemeenschap " ..matie- en communicatietheorie" op te richten. Be..loten is een Derde Symposium over Informatietheor.. de Benelux te organiseren, dat ook weer in Zoet..r zal worden gehouden, en wel op 13 en 14 mei 1..2.

Beoefenaren van de informatietheorie in de Benelux, d.. g..en uitnodiging hebben ontvangen voor het tweede s..posium en belangstelling hebben voor het derde symp.. ium, kunnen dit melden aan Prof.ir. IJ. Boxma, Vakg.. ep Informatietheorie, Afdeling der Elektrotechniek, T.. hnische Hogeschool Delft, Mekelweg 4, Postbus 5031, 2.. OGA Delft.

F.. st Announcement
S.. mer School on Communication Satellite Antenna T.. hnology

E.. dhoven University of Technology, Eindhoven, N.. herlands, plans in cooperation with IEEE Benelux and t.. University of Illinois USA an important 5 days S.. mer School at Eindhoven University from August 23-27, 1..2, titled

"Communication Satellite Antenna Technology"

P.. pose

F.. communication systems analysts and designers, a.. tenna designers, technical managers and other engaged i.. the design of satellite communication systems, s.. acecraft antenna and ground stations. Underlying c.. ncepts governing design and system architecture are p.. esented with a detailed development of specific t.. chniques including, multiple beams, frequency reuse, p.. arization control, beam shaping, dual shaped r.. flectors, adaptive and phase arrays, deployable r.. flectors and ground stations. Applications of these c.. rrent state-of-the-art techniques to the upcoming g.. neration of satellites, such as L-SAT, are illustrated.

T.. course will be given by distinguished lecturers f.. om USA and Europe.

C.. urse directors: Eduard J.Maanders (Eindhoven NL), Raj Mittra (USA).

F.. further information please contact

I.. E.J.Maanders
D.. partment of Electrical Engineering
U.. versity of Technology
P.. tbox 513
..0 MB Eindhoven
N.. herlands

VAN HET BESTUUR

ICC-84

In 1979 zijn het NERG, de Benelux Sectie van het IEEE en de sectie Telecommunicatie van het KIVI opgetreden als co-sponsors van de Optical Communication Conference, die in Amsterdam werd gehouden. Zoals bekend is deze conferentie een groot succes geworden, ook in financieel opzicht. Het juridische kader voor de organisatie van deze conferentie werd gevonden door de oprichting van een stichting. Inmiddels is komen vast te staan dat in mei 1984 de IEEE International Conference on Communication (ICC-84) zal worden gehouden in Amsterdam. Deze zal onder het algemene voorzitterschap staan van dr. K. Teer, die samen met een voorlopig comité de voorbereiding van deze conferentie ter hand heeft genomen.

Geheel conform de geest van haar statuten, heeft het bestuur van de bovengenoemde stichting besloten ook de belangen van de ICC-84 in deze stichting onder te brengen. Daartoe heeft het bestuur besloten de stichting de naam te geven: Stichting Conferences on Information Systems. Het bestuur van deze stichting bestaat uit de heren:

heren:	dr.ir. K. Teer	voorzitter
	dr.ir. T.A.C.M. Claassen	secretaris
	ir. E. Goldstern	penningmeester.

Het voorbereidend comité voor de ICC-84 is inmiddels ver gevorderd met de samenstelling van het Executive Committee voor deze conferentie en met een aantal voorbereidende werkzaamheden.

ONDERWIJSCOMMISSIE NERG

Sinds enige jaren bestaat een samenwerkingsovereenkomst tussen de Vereniging tot bevordering van Elektrotechnisch Vakonderwijs in Nederland (V.E.V.) en het NERG. Hierin is overeengekomen dat de NERG-examens ondergebracht zullen worden in de V.E.V.-structuur. In deze structuur staan alle af te nemen examens onder toezicht van een centrale examencommissie (C.E.C.). Voor de uitvoering van elk van de af te nemen examens voor de verschillende beroepen bestaat een subexamencommissie (S.E.C.) en voor het vaststellen van de betreffende exameneisen een programmacommissie (P.C.). Zoals op de afgelopen jaarvergadering is meegedeeld heeft deze samenwerking reeds geleid tot een volledige integratie van de examens Elektronica Monteur NERG en Technicus Industriële Elektronica V.E.V.

Het NERG blijft een bijdrage leveren aan de bewaking van het niveau en aan het bijstellen van de eisen van het T.I.E.-examen V.E.V. in de S.E.C. en de P.C. voor dit examen.

Op korte termijn zal ook het Middelbaar Elektronica Technicus (MET) van het NERG volledig worden ingepast in de V.E.V.-structuur. De organisatie, de technische voorbereiding en de uitvoering hiervan geschiedt al enige jaren door de V.E.V. De naam Middelbaar Elektronica Technicus blijft gehandhaafd. Op de diploma's zal t.z.t. tot uitdrukking worden gebracht dat NERG en V.E.V. gezamenlijk verantwoordelijk zijn voor dit examen. De bijdrage van het NERG aan dit examen wordt gegarandeerd doordat is vastgelegd dat de voorzitter en enkele leden van de S.E.C. en de P.C. voor dit examen door de NEG worden aangewezen.

In de onderwijscommissie wordt intensief gewerkt aan een herziening van de eisen voor het MET-examen. Gezien de ontwikkelingen in de elektronica is de commissie van mening dat in de eisen de computer-elektronica een belangrijke plaats moet innemen. Deze overweging en het feit dat de opleidingsduur voor dit examen binnen redelijke grenzen moet blijven, hebben geleid tot de volgende voorlopige conclusies.
Het MET-examen bestaat uit twee delen:

A Dit deel is algemeen en omvat o.a. elektriciteitsleer en netwerken, meettechniek en algemene elektronica.

B Voor het tweede deel heeft de kandidaat de keuze tussen twee richtingen, t.w. analoge elektronica of computer (digitale) elektronica.

De commissie hoopt eind 1982 een definitief voorstel voor het vernieuwde MET-examen gereed te hebben.

LEDENMUTATIES

Voorgestelde leden

Ir. A.P. Dekker, Thomsonlaan 32, 's-Gravenhage.
Ir. R.C. den Dulk, 't Hert 49, Leidschendam.
Ir. C. Eberwijn, Jaarsveldstraat 151, 's-Gravenhage.
Ir. Th. Hamoen, Roland Holstlaan 752, Delft.
Ir. M.H.A.J. Herben, Oliemolenstraat 11, Klundert.
Ir. H.T. Hildering, Bulkhof 1, Tricht.
Ing. J.M.L. Hruschka, Valeriaanstraat 69, Soest.
Dr.ir. H.P.M. Kivits, Prins Mauritslaan 98, Beek.
Dr. G.W.M. van Mierlo, Hoekerkade 66, Zoetermeer.
Ir. W.F.J. Peeters, Van Koetsveldstraat 4, Hengelo (O).
F.Rens, Boslaan 16, Hilversum.
Dr.ir. Th.G. van de Roer, Hool 7, Nuenen.
Ir. Th. Scharten, Spinnerstraat 22, Best.
Ir. J.R. Schmidt, Roland Holstlaan 130, Delft.
Ir. J. Smit, Andoorn 65, Oldenzaal.
Ir. A. Willemsen, Dr. W. v.d. Horstlaan 43, Pijnacker.
Ir. C. Wissenburgh, Dunantlaan 6, Pijnacker.

Nieuwe leden

Ir. E.J. Berkhoff, De Huikert 14, Gerwen.
Ir. P.W. de Leede, Vos de Waelstraat 22, Westervoort.
Ir. R.Slagter, Lumeystraat 21, Rotterdam.

Nieuwe adressen van leden

Ing. J.O. de Betue, Azaleapark 86, Zoetermeer.
Ir. J.A. Bijvoet, Apt. 92, 57/59 Quai de Grenelle,
75015 Parijs, 15e, Frankrijk.
J.F. Deckwitz, Mr. P.J. Troelstrastraat 13, Enschede.
Ing. J. Doeven, Karel Doormanlaan 97, Zoetermeer.
Ir. B. Kemp, Sweelincklaan 20, Hazerswoude- RD.
Ing. P. Kramp, Jachtlaan 144, Apeldoorn.
Prof.ir. O.W. Memelink, Dr. Zamenhoflaan 275, Enschede.
Ir. P.F. van der Meulen, Breebaartlaan 16, Rijswijk.
Ir. R.F.A. Mugie, Drunselhof 17, Tegelen.
M.C.J. van Pernis, Korteraarseweg 53 F, Ter Aar.
Ir. N. Peters, Spoorsingel 2, Delft.
Ir. M.A. Reinders, Taxandrialaan 23, Vught.
Dr.ir. H.F.A. Roefs, Engelsmangat 8, Emmeloord.
Ir. H.J. Sanderson, Dennenlaan 4, Nuenen.
Ir. A.J. Verroen, Hamletschouw 21, Zoetermeer.
Ir. A.H. van Vuren, Dorpsstraat 24, Schoonrewoerd.

Overleden

Ir. A. de Haas, Hasebroeklaan 45, Bilthoven.

Conferentie aankondigingen.

Sixth International Wroclaw Symposium on electromagnetic compatibility; June 22-24, 1982; Wroclaw Technical University, Polen. Call for papers 21-1-1982 Contact adres: Prof.F.L. Stumpers, Elzentlaan 11, Eindhoven. NERG is sponsor.

Sensoren voor kracht, druk en verplaatsing; 13-14 mei 1982; TH Twente; Contact adres: S & A-Symposium/EL, T.H. Twente, Postbus 217, 7500 AE. Tel.053-893378 of 053-893476.

Telecom 83; 26-10 t/m 1-11-1983; Call for papers 1-11-1982; Contact adres: Forum 83 Secretariat, International Telecommunication Union, CH-1211 Genéve 20. Tel. 4122995190.

71st AES (Audio engineering society) Convention; 2-5 March 1982; Maison des congrès, Montreux, Switzerland. Contact adres: Titia K.S. Bakker, c/o Polygram B.V.; P.O. Box 23; 3740 AA Baarn, Holland.

Third International Conference on Electrical Safety in Hazardous Environments; 1-3 December 1982; The institution of Electrical Engineers, Savoy Place London WC2R ORL, U.K. Call for papers 31-1-1982; Contact adres is gelijk aan het hierboven genoemde. Tel. 01-2401871 (Ext.222).

European solid state circuit conference (ESSIRC); 21-24 sept. 1982 Brussel; Contact adres: Dr.N.C. de Troye, Philips Research laboratories, Eindhoven. Tel. 040-742166. NERG is sponsor.

IEE Fourth International Conference on Metering, Apparatus and Tariffs for Electricity Supply; 26-28 Oktober 1982; Institution of Electrical Engineers, Savoy Place, London WC 2. Contact adres: Conference Department IEE, Savoy Place London WC2R OBL; U.K. Tel. 01-2401871 Ext 222.

1982 International Zurich Seminar on Digital Communications; March 9-11, 1982; Zurich, Switzerland. Contact adres: Secretariat '82 IZS Miss M. Frey, EAE, Siemens-Albis AG, CH-8047 Zurich/Switzerland, Tel. 41-1-4955120.

International Broadcasting Convention; 18-21 september 1982; Brighton U.K. Contact adres: Secretary, IBC Technical Programme Committee IBC Secretariat, IEE, Savoy Place, London WC2R OBL U.K.

Eurocon '82 Copenhagen; June 14-18 1982; Contact adres: Conference Office; DIEU; Danish Engineeres, Post Graduate Institute; The Technical University of Denmark; bldg. 208; DK-2800 Lyngby; Denmark. Tel. 45-(0)2882300.

Tijdschrift van het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap

Inhoud

deel 46 - nr. 5/6 - 1981

blz. 91 Kan Nederland in de toekomst van de wind leven? Door Ir.G.G.Piepers.

blz. 99 Moderne digitale transmissie over koperkabels, door Dott. Ing. A.M. Giacomelli.

blz. 105 Digitale transmissie via straalverbindingen met een bit-snelheid van 34 en 140 Mbit/s, door ir. J. Noordanus.

blz. 113 Maatschappij en techniek

blz. 115 In memoriam

blz. 116 Varia

blz. 117 Van het Bestuur

blz. 118 Uit het NERG. Ledenmutaties.

druk: De Witte Eindhoven